LWOWSKIE

CZASOPISMO LOTNICZE

Nr. 7. (ROK III. 1935. Nr. 1). | LWÓW, W MARCU 1935.

Nr. 7. (ROK III. 1935. Nr. 1.). LWÓW, W MARCU 1935 r.

LWOWSKIE
CZASOPISMO LOTNICZE
ORGAN
LABORATORJUM AERODYNAMICZNEGO POLITECHNIKI LWOWSKIEJ I INSTYTUTU TECHNIKI SZYBOWNICTWA

DODATEK DO „CZASOPISMA TECHNICZNEGO"

KOMITET REDAKCYJNY:
Prof. Inż. STANISŁAW ŁUKASIEWICZ, Naczelny Kierownik I. T. S.
Dr. Inż. ZYGMUNT FUCHS, Kierownik Lab. Aerod. Politechniki Lw.

REDAKTOR NACZELNY I ODPOWIEDZIALNY: Dr. Inż. ZYGMUNT FUCHS

BIULETYN LABORATORJUM AERODYNAMICZNEGO

Dr. Inż. ZYGMUNT FUCHS

W sprawie metody wyznaczania stopnia burzliwości strugi powietrza w tunelu aerodynamicznym.

Sur la méthode de déterminer le degré de turbulence du courant d'air dans un tunnel aérodynamique.

La méthode actuellement bien souvent appliquée de déterminer le degré de turbulence du courant d'air dans un tunnel aérodynamique, consiste à mesurer la résistance d'une sphère placée dans le courant et à déterminer cette valeur du nombre de Reynolds R pour laquelle le coefficient de résistance de la sphère vaut $c_x = 0{,}3$. Cette valeur correspond à cette partie de la courbe $c_x = f(R)$ suivant laquelle le mouvement souscritique pour une sphère passe au mouvement surcritique; elle n'est pas liée à un état certain du mouvement distinctement marqué.

En considération du fait que, sil'on passe du mouvement souscritique au mouvement surcritique, la dépression sur la partie arrière de la sphère fait place à une surpression, l'auteur propose de déterminer le degré de turbulence du courant par la valeur du nombre de Reynolds R pour laquelle la valeur de la pression au point d'intersection de l'axe du courant avec la surface arrière de la sphère correspond à la pression statique du courant non pertubé. On peut facilement déterminer cette valeur en mesurant la pression p au point arrière de la sphère et en traçant le diagramme $p = f(R)$.

Les valeurs du nombre de Reynolds déterminées de cette façon au Laboratoire Aérodynamique de l'École Polytechnique de Lwów, $R = 2{,}52 . 10^5$ pour le sphère (fig. 1) placée au courant sans filet de turbulence et $R = 1{,}62 . 10^5$ pour la même sphère située derrière le filet de turbulence, sont comprises entre les limites du nombre de Reynolds de la partie transitoire de la courbe $c_x = f(R)$ obtenue à l'aide des mesures à la balance.

Le diamètre de la sphère employée pour les mesures doit être choisi de façon que la vitesse du courant corresponde à la vitesse du courant dont le degré de turbulence est à déterminer.

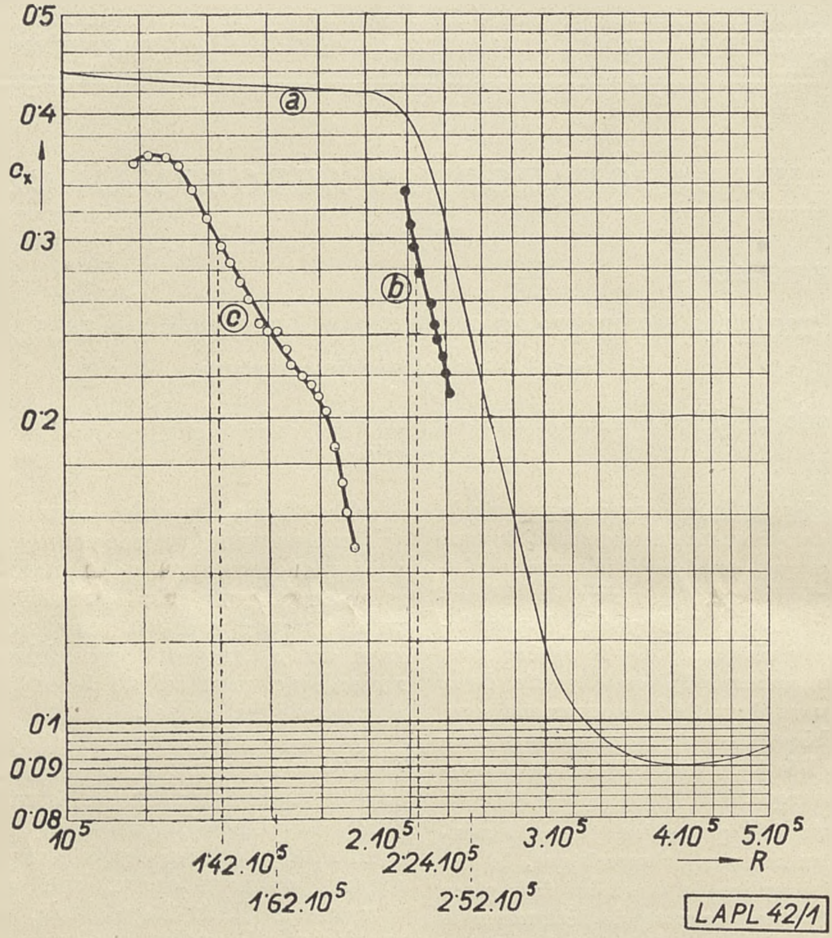
Określenie stopnia burzliwości strugi powietrza w tunelu aerodynamicznym jest sprawą szczególnej wagi dla porównania wyników otrzymanych w różnych tunelach. Stopień burzliwości strugi wpływa bowiem na bieg wydarzeń dokoła modelu odmuchiwanego w tunelu, zmieniając wartości sił aerodynamicznych przenoszonych na model.

Istnieją dotąd dwie metody pomiaru stopnia burzliwości: jedna z nich opiera się na wyznaczeniu wahań szybkości strugi przy pomocy sondy drucikowej, ogrzewanej prądem elektrycznym i oscylografu, druga zaś posługuje się wynikami pomiaru oporu kuli w strudze tunelu w zakresie liczb Reynolds'a, odpowiadających przejściu od ruchu podkrytycznego do ruchu nadkrytycznego. Ta metoda wydaje się być bardziej odpowiednią dla otrzymania właściwych cech strugi dla pomiarów aerodynamicznych, gdyż wykazuje bezpośrednio wpływ stopnia burzliwości na ciało odmuchiwane.

Przejście od ruchu podkrytycznego do ruchu nadkrytycznego odbywa się dosyć nagle w warunkach odpowiadających wartości liczby Reynolds'a rzędu $2{,}5 . 10^5$. Zależnie od stopnia burzliwości strugi występuje ono przy różnych wartościach liczby Reynolds'a R, a mianowicie powiększenie stopnia burzliwości strugi powoduje wcześniejsze przejście w ruch nadkrytyczny, czyli przy mniejszej wartości R. Przejściu z jednego stanu ruchu w drugi towarzyszy spadek oporu, określonego przez spółczynnik oporu c_x, przyczem c_x maleje od wartości podkrytycznej równej około 0,47, do wartości nadkrytycznej o wielkości około 0,09.

Zazwyczaj określają stopień burzliwości strugi przez tę wartość liczby Reynolds'a, przy której spółczynnik oporu kuli $c_x = 0,3$. Wartość ta odpowiada punktowi krzywej $c_x = f(R)$ znajdującemu się na jej gałęzi uwidoczniającej omawiane przejście z jednego stanu ruchu w drugi (ryc. 1). Należy podnieść, że przyjęta wartość spółczynnika c_x jest dosyć dowolna, t. zn. nie jest związana z pewnym ściśle określonym i wyróżniającym się stanem ruchu. Pozatem wyznaczenie jej wymaga pomiarów wagowych przy zachowaniu pewnych środków ostrożności w sposobie zawieszenia kuli[1]).

kuli w ruch burzliwy, wskutek czego ulega też zmianie rozkład ciśnień na powierzchni kuli. Mianowicie na tylnej powierzchni kuli występuje przy ruchu podkrytycznym podciśnienie, zaś przy ruchu nadkrytycznym nadciśnienie. Nasuwa się zatem przypuszczenie, czy nie możnaby określić stopnia burzliwości strugi przez tę wartość liczby Reynolds'a, przy której ciśnienie p w miejscu, w którem oś strugi przecina tylną powierzchnię kuli, odpowiada ciśnieniu statycznemu strugi niezaburzonej. Założenie to odpowiada widocznie wypadkowi, w którym krzywa $\Delta p = f(\alpha^0)$, przedstawiająca rozkład



Ryc. 1.

Zależność spółczynnika oporu c_x kuli od liczby Reynolds'a R: a) według pomiarów w różnych laboratorjach (Handbuch d. Experimentalphysik, Wien-Harms, t. 4. cz. 2. str. 304), b) według pomiarów wagowych w Laboratorjum Aerodynamicznem Politechniki Lwowskiej przy zastosowaniu kuli jak na ryc. 2, c) według pomiarów wagowych przy zastosowaniu tej samej kuli, lecz za siatką turbulencyjną.

Na rycinie zaznaczono wartości R dla kuli odpowiadające $\Delta p = 0$ w miejscu $\alpha = 180^0$, otrzymane przez pomiar ciśnień na kuli bez zastosowania siatki turbulencyjnej i za siatką turbulencyjną.

Wiadomo, że nagły spadek oporu kuli przy pewnej wartości R jest następstwem przejścia ruchu laminarnego w warstwie przyściennej na

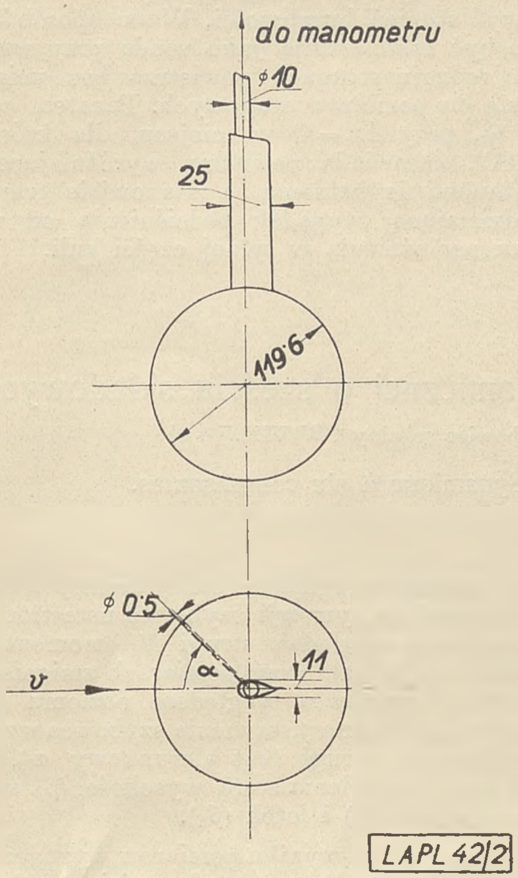
przyrostu ciśnienia wzdłuż obwodu kuli, dotyka osi α w miejscu $\alpha = 180^0$.

Na ryc. 3. przedstawiono wykres $\frac{\Delta p}{q} = f(\alpha^0)$, gdzie $q = \frac{\varrho v^2}{2}$ jest ciśnieniem prędkości, wedle pomiarów wykonanych w Laboratorjum Aerodynamicznem Politechniki Lwowskiej na kuli

[1]) Handb. d. Experimentalphysik, Wien-Harms, t. 4. cz. 2. str. 297 i n. — Hoerner S., Untersuchungen am Windkanal der Techn. Hochschule Braunschweig, Dysertacja, 1933, str. 29 i n.

(ryc. 2) o średnicy $d = 119{,}6\,mm$ przy:

$q = 65{,}2\,kg/m^2$, $v = 33{,}53\,m/s$, $R = \frac{v \cdot d}{\nu} = 2{,}52 \cdot 10^5$,



Ryc. 2.
Kula z otworem połączonym z manometrem przy pomocy rurki z owiewką, zastosowana do pomiaru stopnia burzliwości strugi w tunelu.

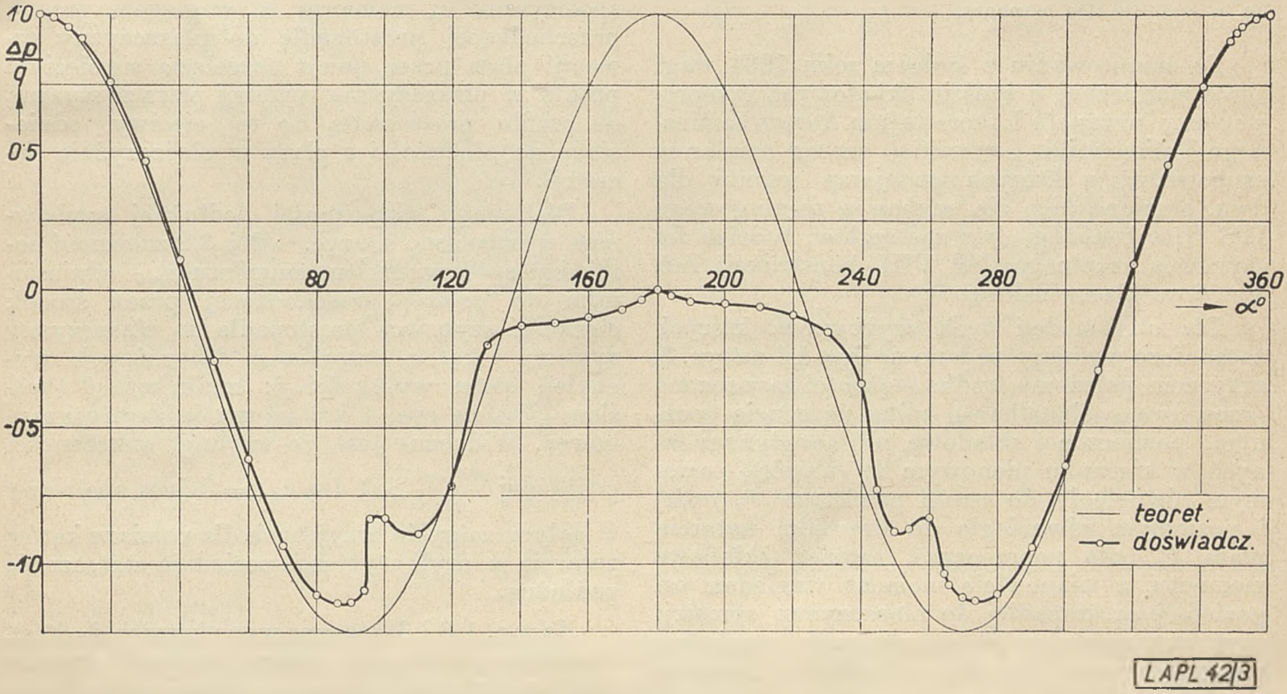
przyczem $\Delta p = 0$ dla $\alpha = 180^0$. Tę zatem wartość liczby Reynolds'a można by przyjąć jako miernik stopnia burzliwości strugi. Obliczona na podstawie wykresu ciśnień wartość spółczynnika oporu kuli, odpowiadająca podanej liczbie Reynolds'a, wynosi $c_x = 0{,}217$.

Dla wyznaczenia wartości liczby Reynolds'a, odpowiadającej $\Delta p = 0$ dla $\alpha = 180^0$, nie potrzeba oczywiście wyznaczać krzywej $\Delta p = f(\alpha^0)$, gdyż znajomość wartości c_x jest w danym wypadku dla nas obojętną. Należy natomiast wyznaczyć tylko kilka punktów krzywej $(\Delta p)_{\alpha = 180^0} = f(R)$ w pobliżu $\Delta p = 0$ i znaleść przez interpolację $R = (R_{kr})_{\Delta p = 0}$. Wyznaczona w ten sposób wartość R_{kr} dla tej samej kuli w tym samym tunelu, ale zawieszonej za siatką turbulencyjną, ustawioną w odległości 220 *mm* od przedniego punktu spiętrzenia na kuli, wyniosła tylko $R_{kr} = 1{,}62 \cdot 10^5$ przy $v = 20{,}68\,m/s$ (ryc. 1).

Należy podnieść, że według pomiarów wagowych stopnia burzliwości strugi przy pomocy kul o różnych średnicach otrzymywano różne wartości R_{kr} odpowiadające wartości $c_x = 0{,}3$ [2]). Ponieważ trudno przypuścić, aby zasada podobieństwa mechanicznego Reynolds'a nie sprawdzała się, przeto wynikiem tego stanu rzeczy może być raczej różny stopień burzliwości strugi w tunelu zależnie od wielkości szybkości strugi. Wobec tego należałoby raczej tak dobierać średnicę kuli, aby badanie stopnia burzliwości odbywało się przy tej szybkości, jaka jest zazwyczaj stosowana przy pomiarach modeli w tunelu.

Pomiary wagowe, przeprowadzone w Laboratorjum Aerodynamicznem Politechniki Lwowskiej przy pomocy tej samej kuli, jak przy pomiarach ciśnień, wykazały dla $c_x = 0{,}3$ wartość

[2]) Hoerner S., l. c. str. 34 i n.



Ryc. 3.

Wykres zależności teoretycznej (dla cieczy doskonałej) i doświadczalnej stosunku $\frac{\Delta p}{q}$ od kąta α^0 dla kuli, jak na ryc. 2, odpowiadający warunkowi $\Delta p = 0$ dla $\alpha = 180^0$ ($R = 2{,}52 \cdot 10^5$).

krytyczną $R_{kr}=2{,}24.10^5$ przy $v=27{,}73\ m/s$, tudzież $R_{kr}=1{,}42.10^5$ przy $v=17{,}55\ m/s$ dla kuli zawieszonej za siatką turbulencyjną (ryc. 1). Stosunek obu wartości R_{kr} wynosi $\frac{2{,}24}{1{,}42}=1{,}57$; analogiczny stosunek wartości R_{kr} otrzymanych przez pomiar ciśnienia statycznego na kuli $\left[(R_{kr})_{\Delta p=0,\ \alpha=180^0}\right]$ wynosi $\frac{2{,}52}{1{,}62}=1{,}55$. Zgodność obu wyników, przy uwzględnieniu zwłaszcza powyżej podniesionych zastrzeżeń co do stosowania różnych szybkości pomiarowych, jest zadowalająca.

Zaletą proponowanej metody wyznaczania stopnia burzliwości strugi w tunelu aerodynamicznym jest jej nadzwyczajna prostota, gdyż z kilku odczytów manometrycznych można wyznaczyć stopień burzliwości. W ten sposób kula może być zastosowana jako sonda przy wszelkiego rodzaju strugach powietrza bez uciekania się do pomiarów wagowych. Pozatem wartość R_{kr} przy $\Delta p=0$ w miejscu, dla którego $\alpha=180^0$, odpowiada pewnemu wyróżniającemu się stanowi fizykalnemu, a mianowicie granicy przedzielającej wypadek podciśnienia od wypadku nadciśnienia w tylnej części kuli.

Dr. Inż. ZYGMUNT FUCHS

Pomiary szybowców na wadze aerodynamicznej o sześciu składowych.

Szybowiec treningowy ITS II/*a* i szybowiec szkolny CW VIII.

Mesures des planeurs à la balance aérodynamique à six composantes.

Planeur de perfectionnement ITS II/*a* et planeur école CW VIII.

Au Laboratoire Aérodynamique de l'École Polytechnique de Lwów on a effectué, au moyen de la balance à six composantes, des mesures de plusieurs planeurs, dont nous citons les résultats pour deux planeurs, savoir le planeur de perfectionnement *ITS II/a* construit par l'Institut de la Technique du Vol sans Moteur à Lwów ainsi que le planeur école *CW VIII* construit par l'ing. W. Czerwiński.

Tous les coefficients sans dimension sont réduits à l'aire de la projection maximum de l'aile F et à la pression dynamique $\frac{\rho v^2}{2}$, les coefficients des moments, en outre, à la profondeur de l'aile t dans son plan de symétrie. Les fig. 1 et 3 représentent les notations des directions positives des forces, des moments et des angles. Les mesures contiennent principalement l'étude de la stabilité des planeurs.

Po zmontowaniu z końcem roku 1934 wagi aerodynamicznej o sześciu składowych przeprowadzono w tunelu Laboratorjum Aerodynamicznego Politechniki Lwowskiej szereg pomiarów szybowców, z których podajemy wyniki dla dwu, a mianowicie dla szybowca treningowego ITS II/*a*, badanego bez zastrzałów, tudzież dla szybowca szkolnego CW VIII, konstrukcji Inż. Wacława Czerwińskiego [1]).

Dla obu modeli tych szybowców, których zasadnicze wymiary podano na ryc. 1 i na ryc. 3, przyczem położenie środka ciężkości zaznaczono przez dwa spółśrodkowe kółka na rzucie bocznym, pomierzono składowe sił aerodynamicznych w kierunku pionowym P_y (wypór), poziomym równolegle do strugi powietrza P_x (opór) i poziomym równolegle do krawędzi natarcia płata P_q (siła poprzeczna), tudzież składowe momentu, a mianowicie moment względem osi poziomej prostopadłej do płaszczyzny symetrji szybowca ustawionego symetrycznie względem strugi powietrza M (moment podłużny), moment względem osi pionowej M_k (moment kierunkowy) i moment względem osi poziomej leżącej w płaszczyźnie symetrji szybowca ustawionego symetrycznie względem strugi M_L (moment poprzeczny od lotek). Przy pomiarach zmieniano: pochylenie szybowca względem poziomu (kąt natarcia α), ukośne ustawienie szybowca względem kierunku strugi (kąt kierunkowy α_k), tudzież kąty pochylenia steru wysokości (β), steru kierunkowego (β_k) i lotek (β_L).

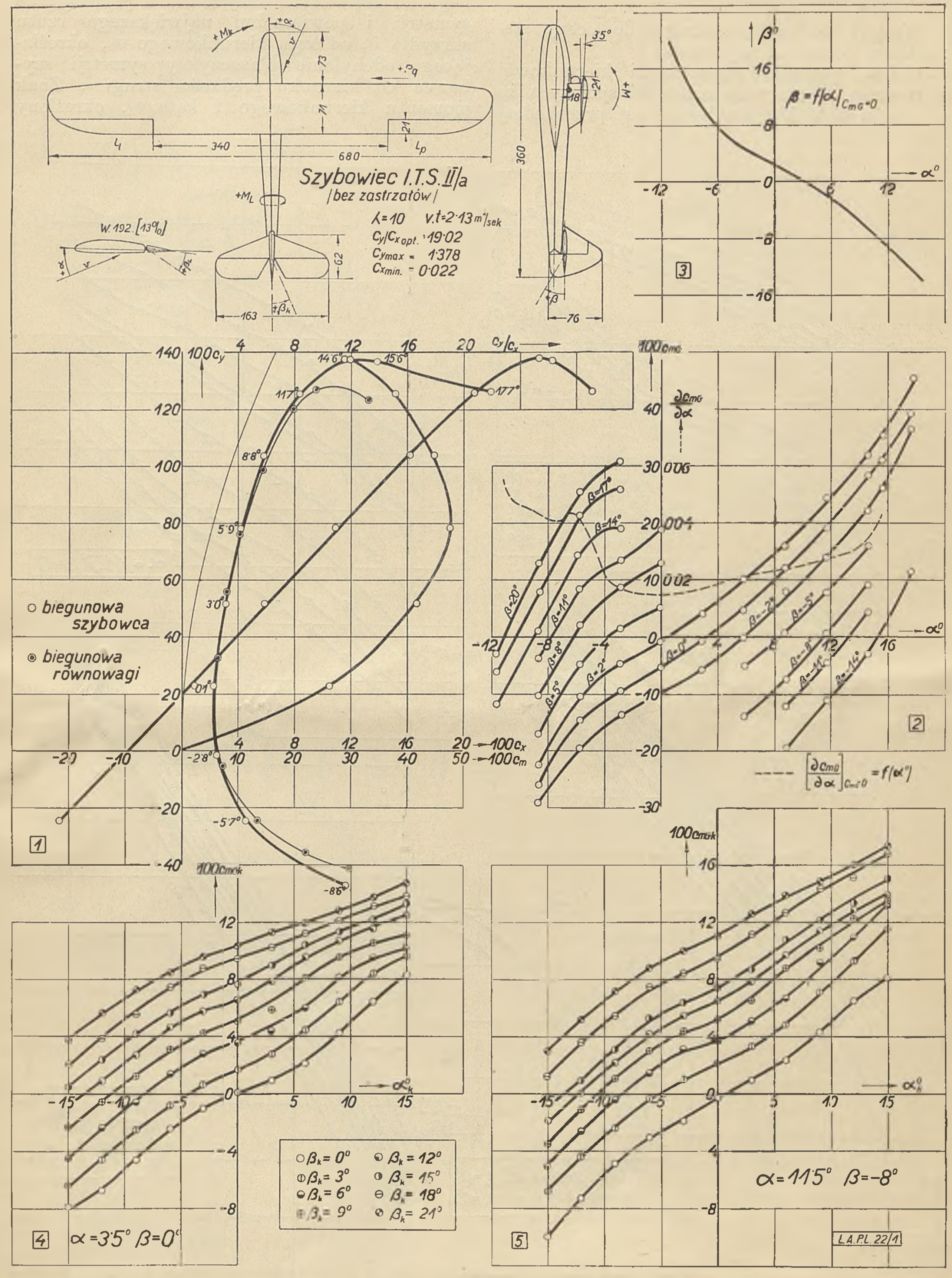
Na podstawie wyniku pomiarów wyznaczono krzywe służące do oceny własności aerodynamicznych, tudzież stateczności szybowców w locie. W szczególności wyznaczono na ryc. 1/1 i 3/1 biegunową, krzywą momentów, biegunową równowagi i krzywą doskonałości $c_y/c_x=f(c_y)$; spółczynnik c_m momentu M względem prostej przechodzącej prostopadle do płaszczyzny symetrji płata przez punkt przecięcia się cięciwy profilu w płaszczyźnie symetrji płata ze styczną do profilu prostopadłą do tej cięciwy, odniesiono do głębokości t płata w płaszczyźnie symetrji.

Dla oceny stateczności podłużnej szybowców wyznaczono na ryc. 1/2 i 3/2 zależność pomiędzy spółczynnikiem momentu c_{mG} odniesionym do prostej przechodzącej przez środek ciężkości szybowca prostopadle do płaszczyzny symetrji i kątem natarcia α dla różnych wychyleń steru wysokości β; znak kąta β określony jest na ryc. 1 i 3 na rzucie bocznym szybowca. Widoczne jest, że warunek stateczności podłużnej $\frac{\partial c_{mG}}{\partial \alpha}>0$ dla $c_{mG}=0$ jest spełniony w całym zakresie przyjętych dla pomiaru kątów natarcia α, czyli szybowce posiadają stateczność podłużną.

Na ryc. 1/3 i 3/3 wyznaczono krzywą $\beta=f(\alpha)$, określającą związek między kątami natarcia oraz wychyleniami steru wysokości, odpowiadającemi punktom na wykresie 1/2 i 3/2, dla których $c_{mG}=0$ z zachowaniem warunku stateczności podłużnej. Ponieważ rosnącym kątom β

---

[1]) Porównaj „Czasopismo Lotnicze" r. 1933, str. 10-12, r. 1934, str. 74-75.



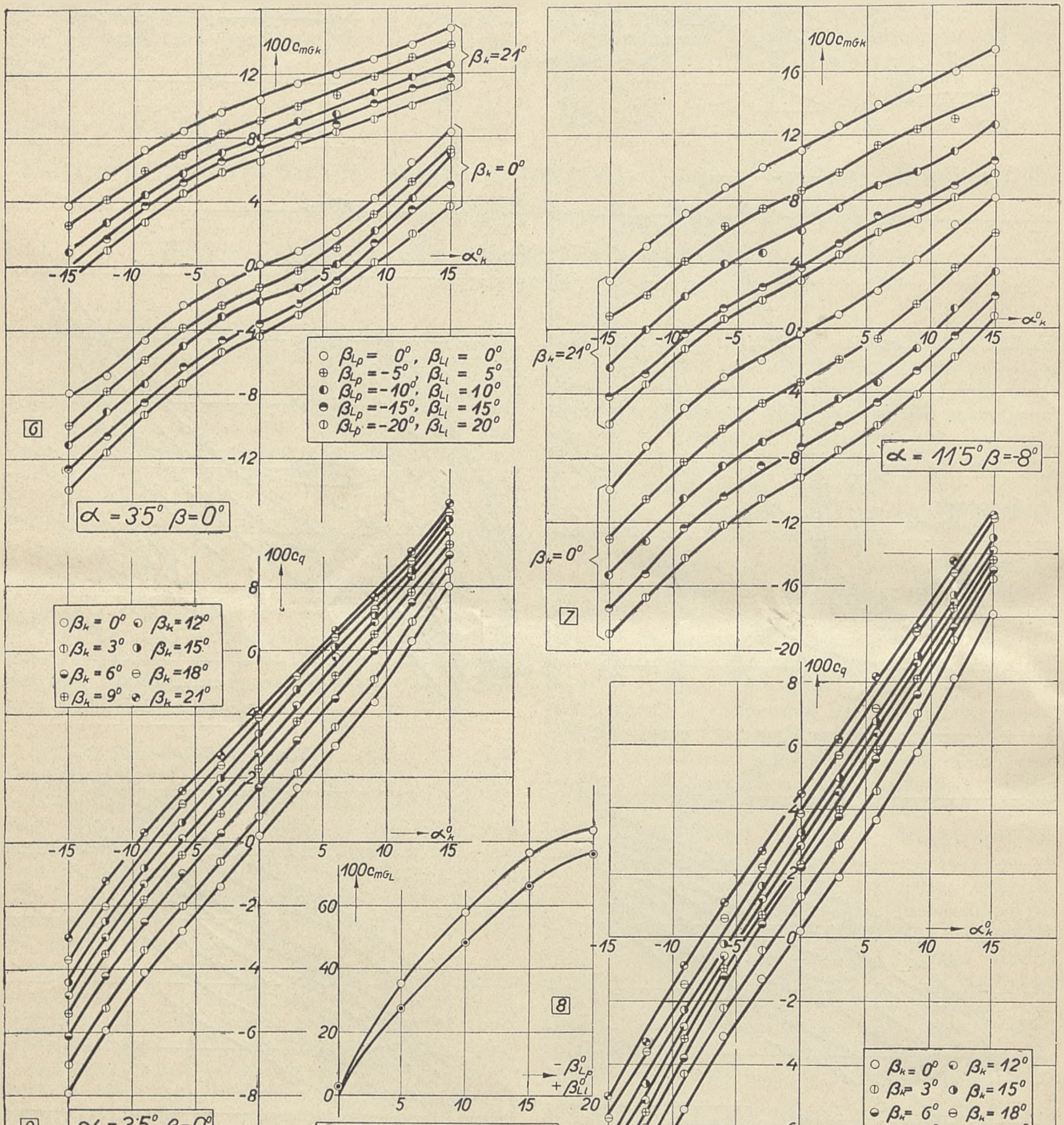
Ryc. 1.

Wykresy dla modelu szybowca treningowego ITS II/a, uzyskane przy pomocy wagi aerodynamicznej o sześciu składowych, służące do oceny stateczności szybowca w locie.

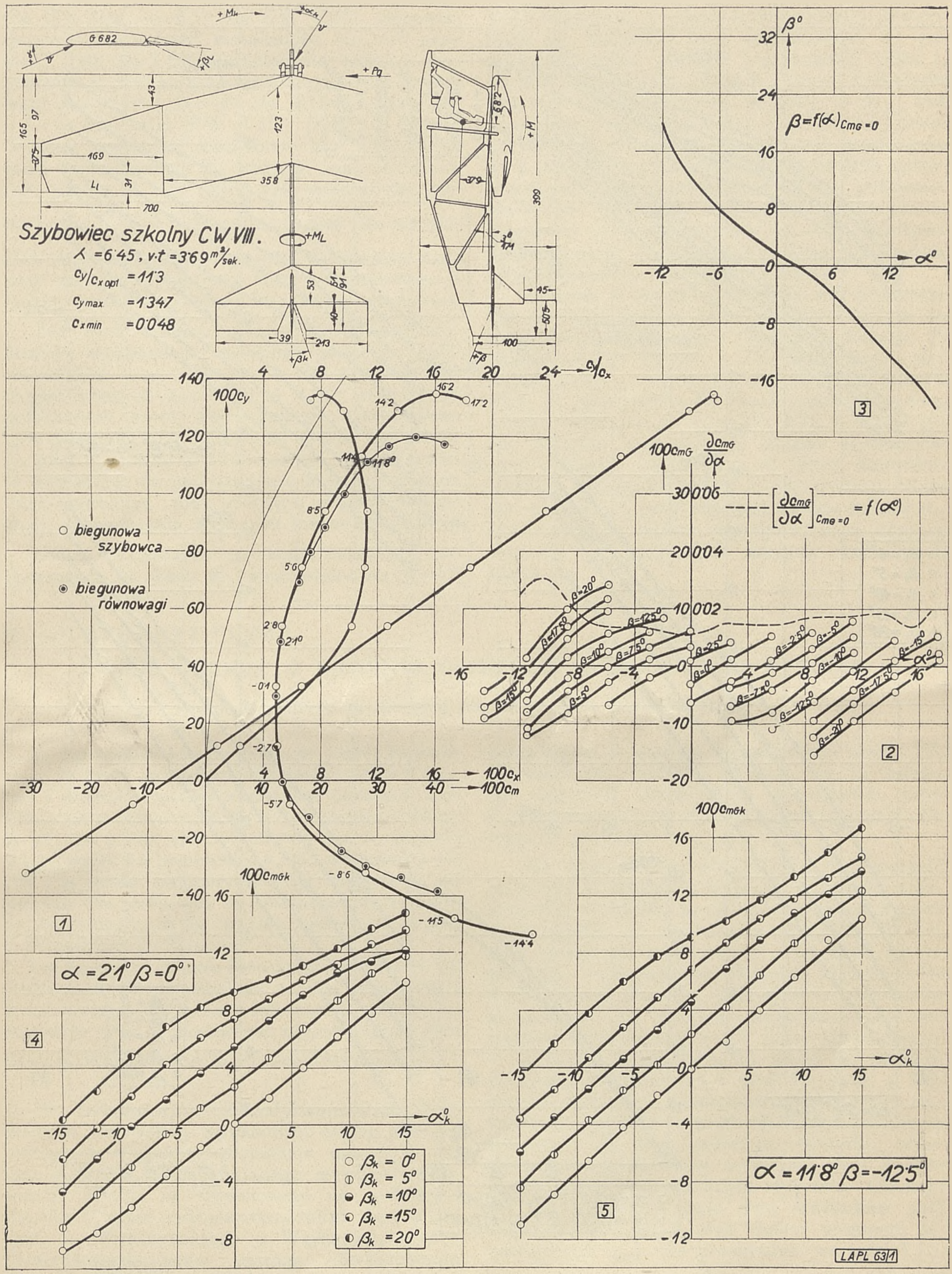
odpowiadają malejące kąty natarcia α, przeto spełniony jest warunek $\frac{\partial \beta}{\partial \alpha} < 0$.

Krzywe te mogą posłużyć do oceny stateczności podłużnej szybowca.

Celem zbadania stateczności kierunkowej szybowców wyznaczono zależność spółczynnika $c_{m\,G\,k}$ momentu $M_{G\,k}$ względem osi przechodzącej przez środek ciężkości w płaszczyźnie symetrji prostopadle do kierunku lotu, odniesionego do głębokości skrzydła t w płaszczyźnie symetrji i powierzchni największego rzutu skrzydła F, od kąta kierunkowego α_k, określającego odchylenie płaszczyzny symetrji szybowca od kierunku prędkości strugi v. Znak momentu kierunkowego i kąta α_k, określony

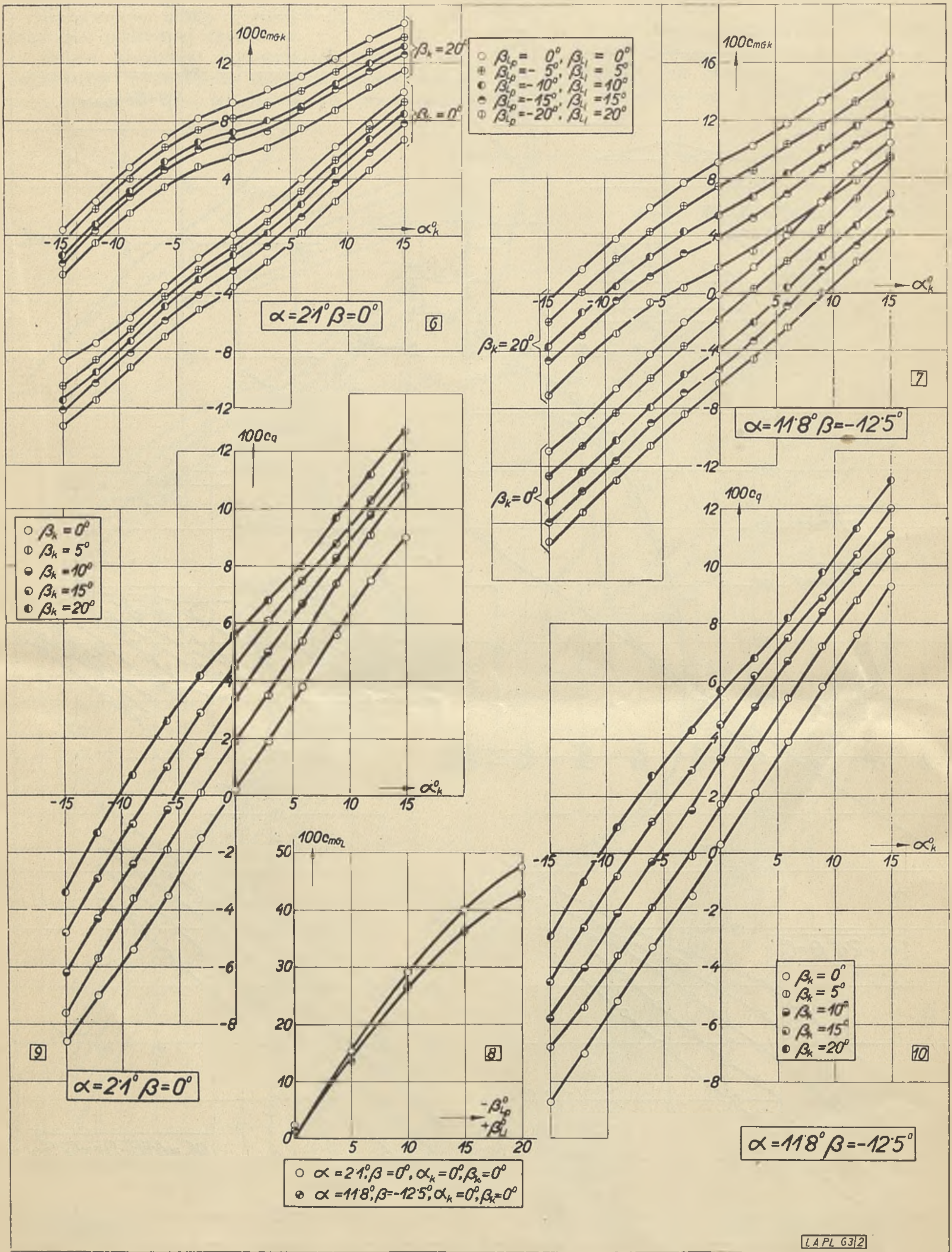


Ryc. 2.
Wykresy dla modelu szybowca treningowego ITS II/a, uzyskane przy pomocy wagi aerodynamicznej o sześciu składowych, służące do oceny stateczności szybowca w locie.



Ryc. 3.

Wykresy dla modelu szybowca szkolnego CW VIII, uzyskane przy pomocy wagi aerodynamicznej o sześciu składowych, służące do oceny stateczności szybowca w locie.



Ryc. 4.

Wykresy dla modelu szybowca szkolnego CW VIII, uzyskane przy pomocy wagi aerodynamicznej o sześciu składowych, służące do oceny stateczności szybowca w locie.

jest na ryc. 1 i 3. Krzywe $c_{mGk}=f(\alpha_k)$ wyznaczono dla kątów wyważenia szybowców ($\alpha=3{,}5^0$ dla ITS II/*a*, $\alpha=2{,}1^0$ dla CW VIII), odpowiadających warunkowi stateczności $c_{mG}=0$ przy $\beta=0^0$ (ryc. 1/4 i 3/4), tudzież dla położeń szybowców w pobliżu maximum biegunowej równowagi ($\alpha=11{,}5^0$ i $\beta=-8^0$ dla ITS II/*a*, $\alpha=11{,}8^0$ i $\beta=-12{,}5^0$ dla CW VIII) (ryc. 1/5 i 3/5). W toku pomiarów zmieniano kąt wychylenia steru kierunkowego β_k, którego znak określony jest na ryc. 1 i 3. Warunek stateczności kierunkowej $\frac{\partial c_{mGk}}{\partial \alpha_k}>0$ spełniony jest dla wszystkich wyznaczonych krzywych. Ze zmiany c_{mGk} przy zmianie wychylenia steru kierunkowego β_k można ocenić sterowność kierunkową szybowca.

Dla tych samych stanów równowagi szybowców wyznaczono zależność pomiędzy spółczynnikiem c_{mGk} i kątem α_k dla różnych wychyleń lotek od $\beta_L=0^0$ do $\beta_L=20^0$ przy dwóch położeniach steru kierunkowego; lotka lewa była przytem stale pochylona na dół, zaś prawa do góry (ryc. 2/6, 2/7, tudzież 4/6, 4/7). Krzywe te wykazują, że powiększenie kąta wychylenia lotek powoduje, przy równych zresztą warunkach, zmniejszanie momentu kierunkowego.

Celem wykazania wielkości momentu poprzecznego od łotek M_L wyznaczono na ryc. 2/8 i 4/8 zależność spółczynnika c_{mGL} momentu względem osi przechodzącej przez środek ciężkości szybowca w płaszczyźnie symetrji równolegle do kierunku lotu, odniesionego do powierzchni rzutu płata F i głębokości płata t, od kąta wychylenia lotek β_L; prawa lotka była przytem stale wychylana do góry ($-\beta_{Lp}$), zaś lewa równocześnie na dół ($+\beta_{Ll}$). Pomiary przeprowadzono dla wyszczególnionych poprzednio dwu położeń równowagi szybowców przy zablokowanym sterze kierunkowym ($\beta_k=0$), przyczem szybowce były stale zawieszone symetrycznie względem strugi powietrza ($\alpha_k=0$). Wartości spółczynników c_{mGL} są stale większe w wypadku odpowiadającym kątowi wyważenia.

Pozatem wyznaczono wartości siły poprzecznej P_q działającej w kierunku równoległym do krawędzi natarcia płata. Kierunek dodatni P_q oznaczony jest na ryc. 1 i 3. Spółczynnik siły poprzecznej c_q, odniesiony do powierzchni rzutu płata F, wyznaczono dla określonych wyżej dwu stanów równowagi (ryc. 2/9, 2/10 i 4/9, 4/10) dla różnych wychyleń α_k modeli szybowców przy różnych położeniach β_k steru kierunkowego. Rosnącym kątom β_k odpowiadają większe wartości c_q przy równych zresztą kątach α_k, zaś rosnącym kątom α_k odpowiadają rosnące wartości c_q przy tych samych wartościach kątów β_k.

Dr. Inż. ZYGMUNT FUCHS

Profile lotnicze o ujemnym momencie przy zerowym wyporze.

Profils d'aviation au moment négatif pour la portance nulle.

Au Laboratoire Aérodynamique de l'École Polytechnique de Lwów on a déterminé plusieurs profils d'aviation à extrémité épaisse, c'est à dire possédant deux différentes tangentes au bord de fuite contenant l'angle de 12^0. Ces profils sont caractérisés par la propriété que la courbe des moments $c_m=f(c_y)$ correspond à peu près à la courbe des moments pour l'avion avec empennage. Ces profils ont été déterminés en se basant sur les formules et les tableaux fournis par le prof. C. Witoszyński de Varsovie.

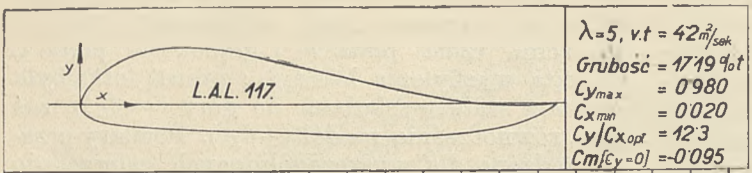
Les figures ci — jointes donnent les coordonnées des profils ainsi que les résultats de nos essais dans le tunnel aérodynamique. Les coefficients de portance c_y, de traînée c_x et de moment par rapport au bord d'attaque c_m sont réduits à la pression dynamique $\frac{\varrho v^2}{2}$.

W Laboratorjum Aerodynamicznem Politechniki Lwowskiej wyznaczono szereg profilów lotniczych o dużym momencie ujemnym dla kąta natarcia odpowiadającego wyporowi zerowemu. Profile te wyznaczono na podstawie wzorów i tablic zakomunikowanych nam przez prof. C. Witoszyńskiego z Warszawy, a wyprowadzonych przy pomocy odwzorowania wiernokątnego dla płaskiego ruchu potencjalnego przy założeniu określonej wartości momentu dla położenia skrzydła odpowiadającego wyporowi zerowemu. Ograniczono się przy tem do profilów o grubym końcu t. j. posiadających przy krawędzi spływu dwie różne styczne, zamykające w naszym wypadku kąt równy 12^0. Wyznaczenie profilów opierało się na założeniu pewnych określonych parametrów, przy z góry oznaczonym spółczynniku momentu dla wyporu zerowego $(c_m)_{c_y=0}$.

Jak wykazało doświadczenie[1]) jest wartość momentu w wypadku linjowej zależności spółczynnika momentu c_m od spółczynnika wyporu c_y niezależna od wydłużenia skrzydła. Wobec tego można stosować wzory, odnoszące się do skrzydła nieskończenie długiego, do skrzydła o skończonej długości, jeśli idzie o porównanie momentów. W naszych wypadkach zastosowaliśmy wydłużenie $\lambda=5$ (płat prostokątny).

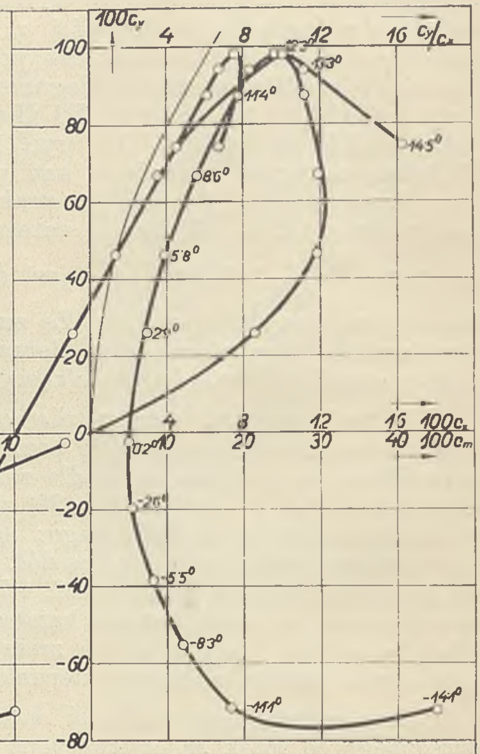
Z pośród wyznaczonych około 90 profilów podajemy przykładowo 7 profilów wraz z wynikami dmuchań. Zadaniem naszem było wyznaczenie profilów o możliwie dużym ujemnym momencie M_0 przy położeniu skrzydła, odpowiadającemu zerowemu wyporowi, przy dużym równocześnie maksymalnym wyporze. Okazuje się, że połączenie tych dwu warunków jest dosyć trudne, gdyż przy dużem ujemnem M_0 spółczynnik $c_{y\,max}$ nie przekracza wartości 1,15. Pozatem doskonałość $\frac{c_y}{c_x}$ nie jest większa od 12,5. Należy atoli podnieść, że wartość $\left(\frac{c_y}{c_x}\right)$ opt.

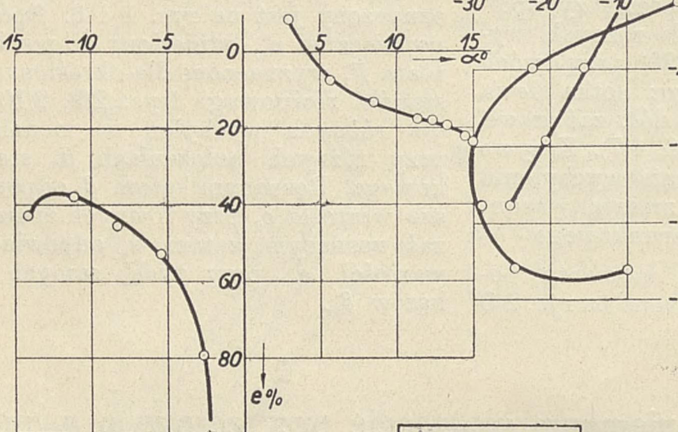
[1]) Ergebnisse d. Aerodyn. Versuchsanstalt zu Göttingen, I t. 3 wyd. str. 51, III t. str. 16.

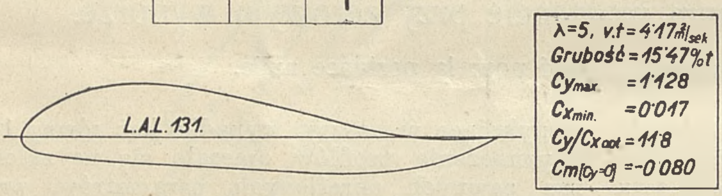


% głębokości	0	1.25	2.50	5.00	7.50	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
y_g	0	3.24	4.81	7.11	8.62	9.77	11.26	11.89	11.23	9.34	7.02	4.61	2.44	0.49	-0.54	-0.52	0
y_d	0	-2.29	-2.87	-3.67	-4.1	-4.36	-4.87	-5.15	-5.50	-5.73	-6.25	-6.62	-6.88	-6.19	-4.36	-2.58	0

α^0	-14.13	-11.14	-8.29	-5.45	-2.63	0.17	2.95	5.76	8.56	11.37	12.31	13.27	14.49
c_y	0.722	-0.718	-0.554	-0.385	-0.196	-0.026	0.259	0.463	0.667	0.875	0.942	0.980	0.744
c_x	0.180	0.073	0.048	0.033	0.022	0.020	0.030	0.039	0.056	0.078	0.084	0.097	0.163
c_y/c_x	-4.01	-9.84	-11.54	-12.03	-8.91	-1.30	8.63	11.87	11.94	11.22	11.20	10.10	4.56
c_m	-0.318	-0.272	-0.252	-0.204	-0.156	-0.113	-0.022	0.035	0.089	0.154	0.169	0.189	0.169

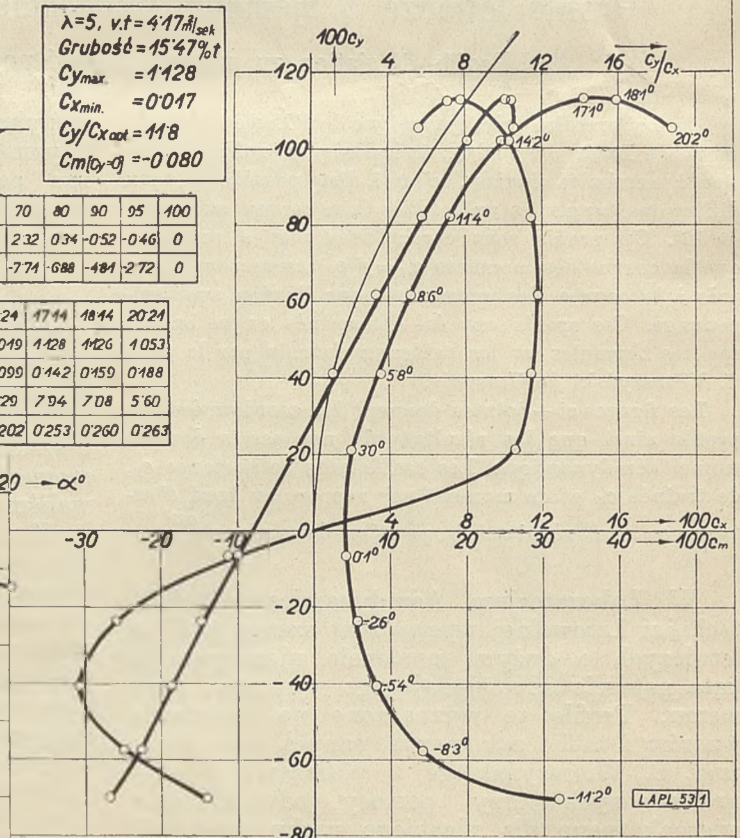


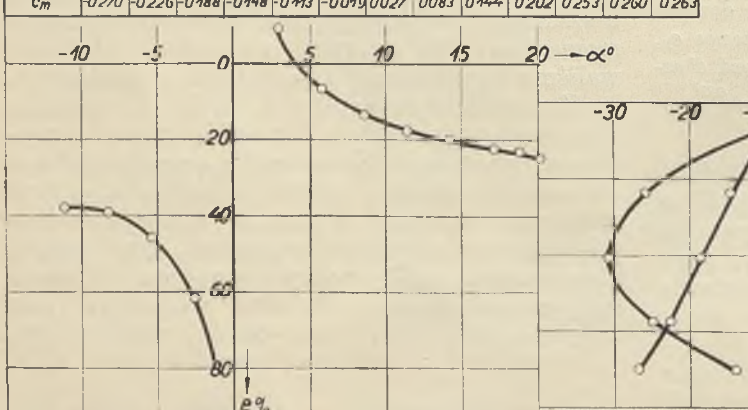




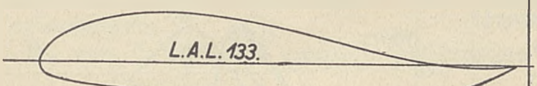
% głębokości	0	1.25	2.50	5.00	7.50	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
y_g	0	2.69	4.01	5.76	7.22	8.42	10.14	11.12	11.23	9.74	7.45	4.81	2.32	0.34	-0.52	-0.46	0
y_d	0	-2.41	-3.12	-3.72	-4.04	-4.38	-4.93	-5.24	-5.82	-6.30	-6.88	-7.45	-7.71	-6.88	-4.81	-2.72	0

α^0	-11.16	-8.28	-5.43	-2.59	0.13	2.99	5.84	8.62	11.43	14.24	17.14	18.14	20.21
c_y	-0.699	-0.575	-0.407	-0.239	-0.068	0.241	0.410	0.643	0.849	1.049	1.128	1.126	1.053
c_x	0.128	0.057	0.033	0.023	0.017	0.020	0.036	0.052	0.072	0.099	0.142	0.159	0.188
c_y/c_x	-5.46	-10.09	-12.33	-10.39	-4.00	10.55	11.39	11.79	11.38	10.29	7.94	7.08	5.60
c_m	-0.270	-0.226	-0.188	-0.148	-0.113	-0.019	0.027	0.083	0.144	0.202	0.253	0.260	0.263





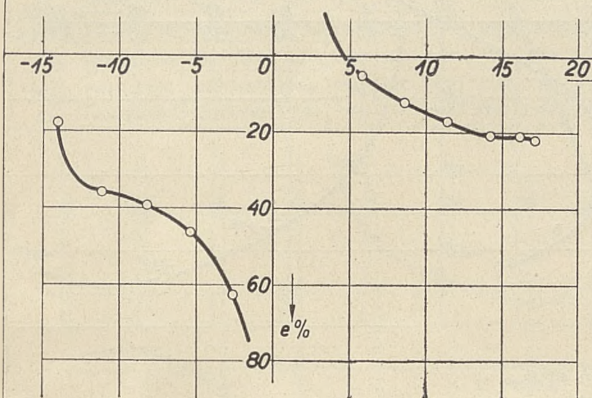
Ryc. 1.
Spółrzędne i wykresy dla profilów lotniczych o ujemnym momencie przy zerowym wyporze.

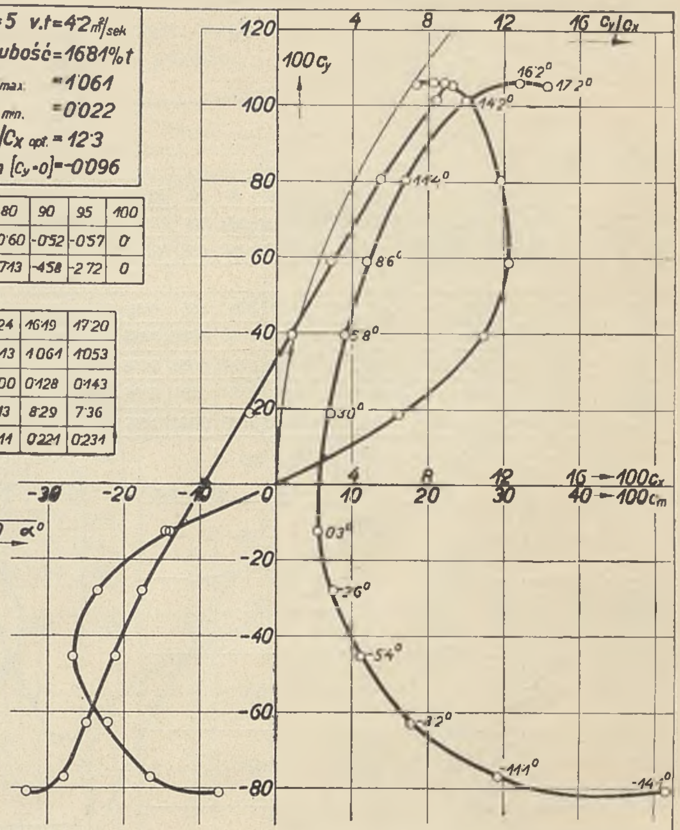


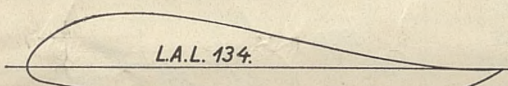
λ=5 v.t=4·2 m²/sek
Grubość=16·81% t
$C_{y\,max.}$ = 1·061
$C_{x\,min.}$ = 0·022
C_y/C_x opt. = 12·3
C_m $(c_y=0)$ = −0·096

w % głębokości																	
x	0	1·25	2·50	5·00	7·50	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
y_g	0	2·46	3·93	5·76	6·99	7·91	9·47	10·03	10·40	9·46	7·62	5·27	2·75	0·60	−0·52	−0·57	0
y_d	0	−2·29	−3·04	−3·72	−4·27	−4·61	−5·19	−5·67	−6·36	−7·02	−7·51	−7·91	−7·82	−7·13	−4·58	−2·72	0

α°	−14·05	−11·09	−8·22	−5·39	−2·55	0·34	3·04	5·82	8·64	11·43	14·24	16·19	17·20
c_y	−0·805	−0·770	−0·629	−0·453	−0·284	−0·123	0·188	0·394	0·590	0·805	1·013	1·061	1·053
c_x	0·206	0·117	0·071	0·045	0·030	0·022	0·029	0·036	0·048	0·068	0·100	0·128	0·143
c_y/c_x	−3·94	−6·58	−8·86	−10·07	−9·37	−5·59	6·48	10·94	12·27	11·84	10·13	8·29	7·36
c_m	−0·327	−0·279	−0·249	−0·211	−0·176	−0·146	−0·035	0·021	0·072	0·137	0·211	0·221	0·231



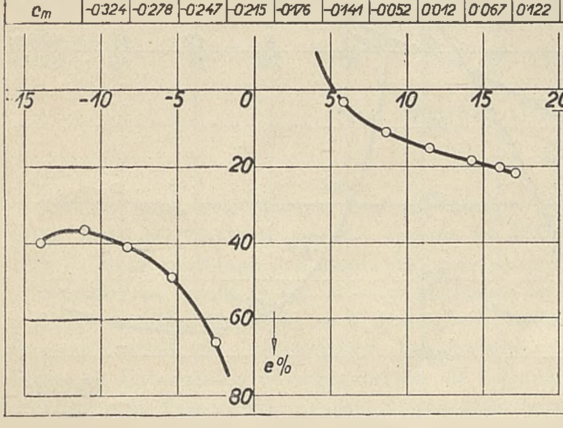


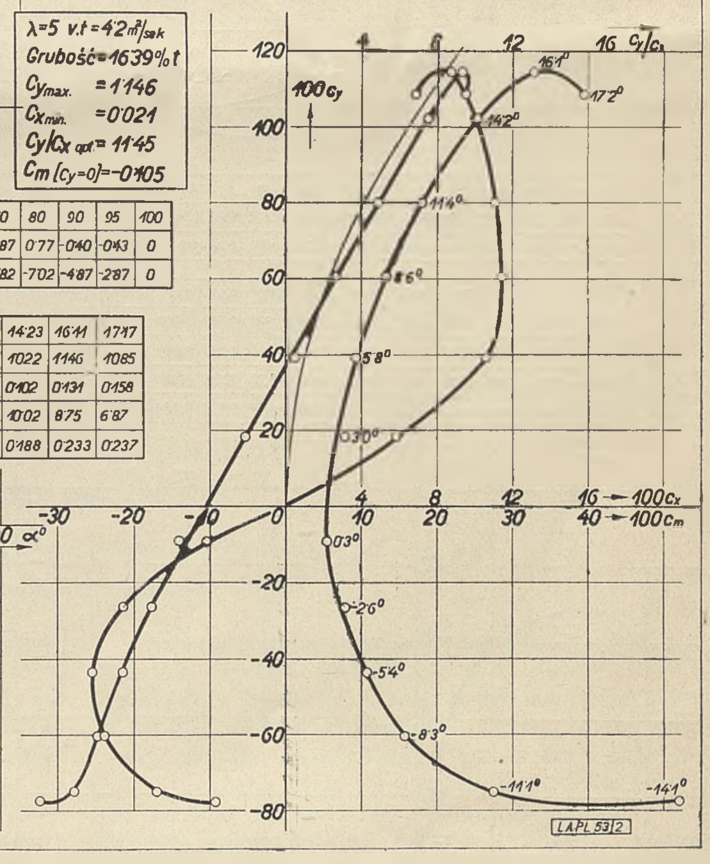


λ=5 v.t=4·2 m²/sek
Grubość=16·39% t
$C_{y\,max.}$ = 1·146
$C_{x\,min.}$ = 0·021
C_y/C_x opt. = 11·45
C_m $(c_y=0)$ = −0·105

w % głębokości																	
x	0	1·25	2·50	5·00	7·50	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
y_g	0	2·87	4·33	6·30	7·74	8·77	10·26	11·09	10·83	9·37	7·22	4·96	2·87	0·77	−0·40	−0·43	0
y_d	0	−2·01	−2·64	−3·38	−3·90	−4·18	−4·70	−5·01	−5·59	−6·39	−7·34	−7·74	−7·82	−7·02	−4·87	−2·87	0

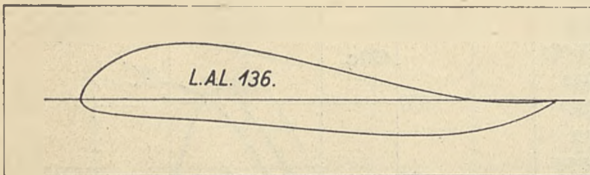
α°	−14·08	−11·10	−8·25	−5·40	−2·56	0·28	3·02	5·82	8·62	11·44	14·23	16·11	17·17
c_y	−0·776	−0·751	−0·602	−0·436	−0·265	−0·094	0·182	0·393	0·605	0·799	1·022	1·146	1·085
c_x	0·209	0·110	0·063	0·043	0·031	0·022	0·031	0·037	0·053	0·072	0·102	0·131	0·158
c_y/c_x	−3·71	−6·83	−9·56	−10·14	−8·55	−4·14	5·87	10·62	11·42	11·10	10·02	8·75	6·87
c_m	−0·324	−0·278	−0·247	−0·215	−0·176	−0·141	−0·052	0·012	0·067	0·122	0·188	0·233	0·237





Ryc. 2.

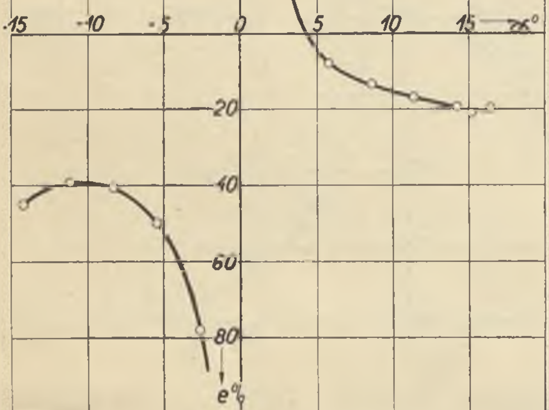
Spółrzędne i wykresy dla profilów lotniczych o ujemnym momencie przy zerowym wyporze.

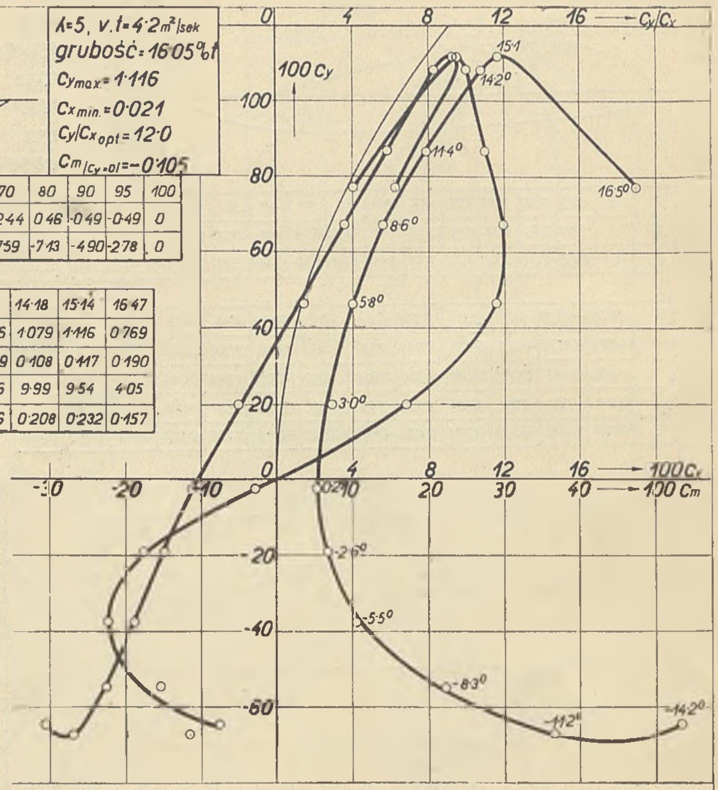


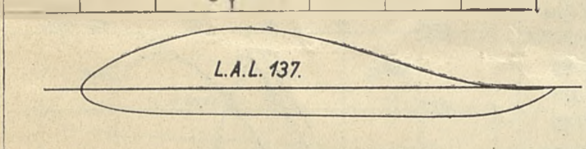
λ=5, v.t=4·2 m²/sek
grubość = 16·05 % t
$C_{y\,max}$ = 1·116
$C_{x\,min}$ = 0·021
$C_y/C_{x\,opt}$ = 12·0
$C_{m\,(C_y=0)}$ = −0·105

w % głębok.																	
X	0	1·25	2·50	5·00	7·5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
y_g	0	3·04	4·58	6·79	8·45	9·74	11·12	11·75	11·32	9·54	7·16	4·73	2·44	0·46	−0·49	−0·49	0
y_d	0	−1·86	−2·41	−2·89	−3·21	−3·52	−3·84	−4·10	−4·76	−5·67	−6·59	−7·22	−7·59	−7·13	−4·90	−2·78	0

α°	−14·20	−11·18	−8·30	−5·46	−2·63	0·21	3·00	5·76	8·56	11·38	14·18	15·14	16·47
C_y	−0·646	−0·670	−0·548	−0·376	−0·190	−0·024	0·199	0·463	0·669	0·866	1·079	1·116	0·769
C_x	0·213	0·146	0·089	0·042	0·027	0·021	0·029	0·040	0·056	0·079	0·108	0·117	0·190
C_y/C_x	−3·03	−4·59	−6·16	−8·95	−7·04	−1·14	6·86	11·57	11·95	10·96	9·99	9·54	4·05
C_m	−0·306	−0·269	−0·225	−0·189	−0·149	−0·112	−0·050	0·037	0·090	0·146	0·208	0·232	0·157



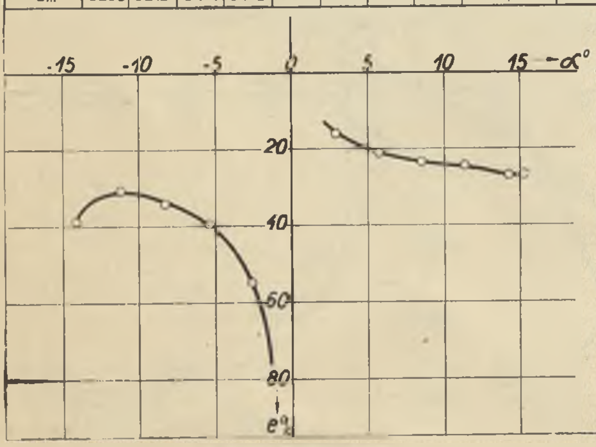


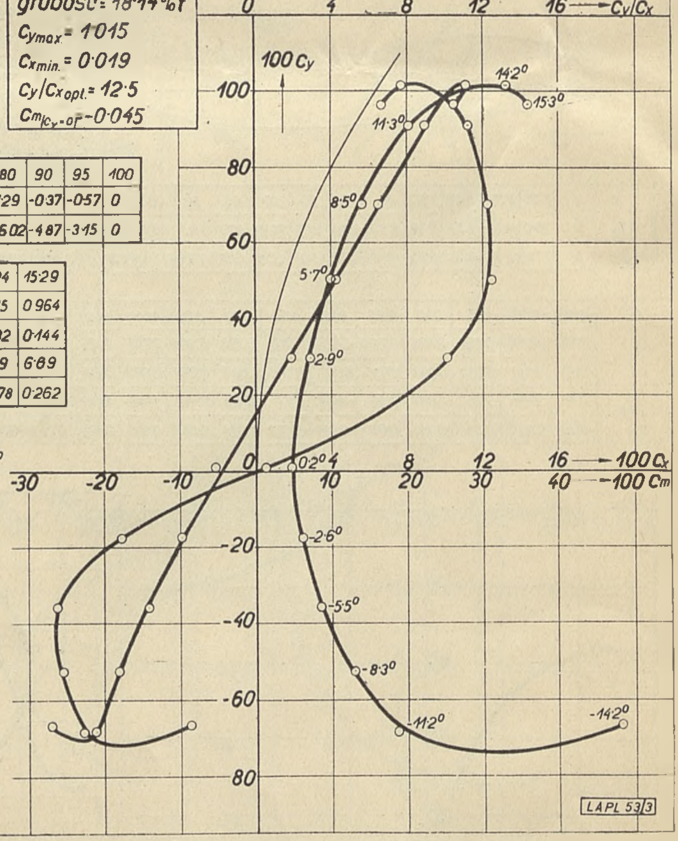


λ=5, v.t=4·2 m²/sek
grubość = 18·14 % t
$C_{y\,max}$ = 1·015
$C_{x\,min}$ = 0·019
$C_y/C_{x\,opt}$ = 12·5
$C_{m\,(C_y=0)}$ = −0·045

w % głębok.																	
X	0	1·25	2·50	5·00	7·5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
y_g	0	1·98	2·90	4·70	6·02	7·16	9·17	10·77	12·44	12·26	10·26	7·34	4·01	1·29	−0·37	−0·57	0
y_d	0	−2·15	−2·87	−3·72	−4·30	−4·64	−5·10	−5·27	−5·44	−5·56	−5·73	−5·82	−5·99	−6·02	−4·87	−3·15	0

α°	−14·19	−11·17	−8·32	−5·47	−2·64	0·18	2·91	5·72	8·53	11·34	14·24	15·29
C_y	−0·665	−0·683	−0·527	−0·357	−0·177	0·009	0·295	0·500	0·700	0·908	1·015	0·964
C_x	0·193	0·075	0·052	0·034	0·025	0·019	0·029	0·040	0·057	0·081	0·132	0·144
C_y/C_x	−3·45	−9·11	−10·13	−10·50	−7·08	0·47	10·17	12·50	12·28	11·21	7·69	6·89
C_m	−0·269	−0·212	−0·181	−0·142	−0·098	−0·052	0·048	0·107	0·164	0·224	0·278	0·262

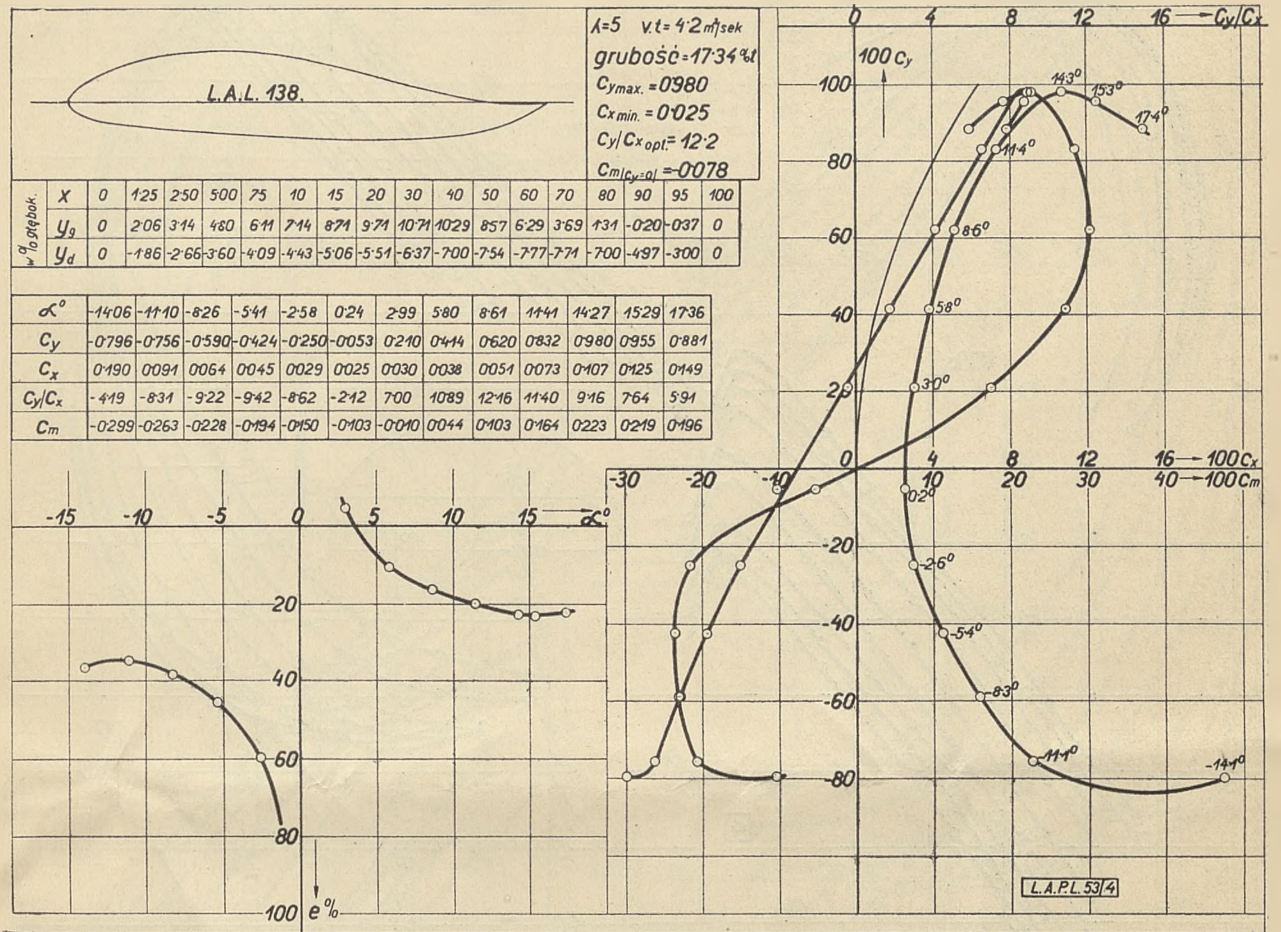




Ryc. 3.
Spółrzędne i wykresy dla profilów lotniczych o ujemnym momencie przy zerowym wyporze.

jest w dużym zakresie kątów natarcia prawie niezmienną, co jest poniekąd pewną zaletą. Pozatem należy zwrócić uwagę, że położenie krzywej momentów $c_m = f(c_y)$ odpowiada prawie położeniu krzywej momentów dla płatowca z opierzeniem.

Na ryc. 1, 2, 3 i 4 podano spółrzędne profilów i wyniki dmuchań. Moment odniesiono do osi wpadającej w krawędź natarcia profilu w miejscu przecięcia się profilu i cięciwy odniesienia przechodzącej przez krawędź spływu i środek koła ściśle stycznego do przedniej części profilu.



w % głębok.																	
X	0	1·25	2·50	5·00	7·5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	95	100
y_g	0	2·06	3·14	4·80	6·11	7·14	8·71	9·71	10·71	10·29	8·57	6·29	3·69	1·31	-0·20	-0·37	0
y_d	0	-1·86	-2·66	-3·60	-4·09	-4·43	-5·06	-5·51	-6·37	-7·00	-7·54	-7·77	-7·71	-7·00	-4·97	-3·00	0

α°	-14·06	-11·10	-8·26	-5·41	-2·58	0·24	2·99	5·80	8·61	11·41	14·27	15·29	17·36
C_y	-0·796	-0·756	-0·590	-0·424	-0·250	-0·053	0·210	0·414	0·620	0·832	0·980	0·955	0·881
C_x	0·190	0·091	0·064	0·045	0·029	0·025	0·030	0·038	0·051	0·073	0·107	0·125	0·149
C_y/C_x	-4·19	-8·31	-9·22	-9·42	-8·62	-2·12	7·00	10·89	12·16	11·40	9·16	7·64	5·91
C_m	-0·299	-0·263	-0·228	-0·194	-0·150	-0·103	-0·010	0·044	0·103	0·164	0·223	0·219	0·196

Ryc. 4.

Spółrzędne i wykresy dla profilów lotniczych o ujemnym momencie przy zerowym wyporze.

Dr. Inż. ZYGMUNT FUCHS

Pomiary usterzeń poziomych.

CZĘŚĆ CZWARTA.

Mesures des empennages horizontaux.

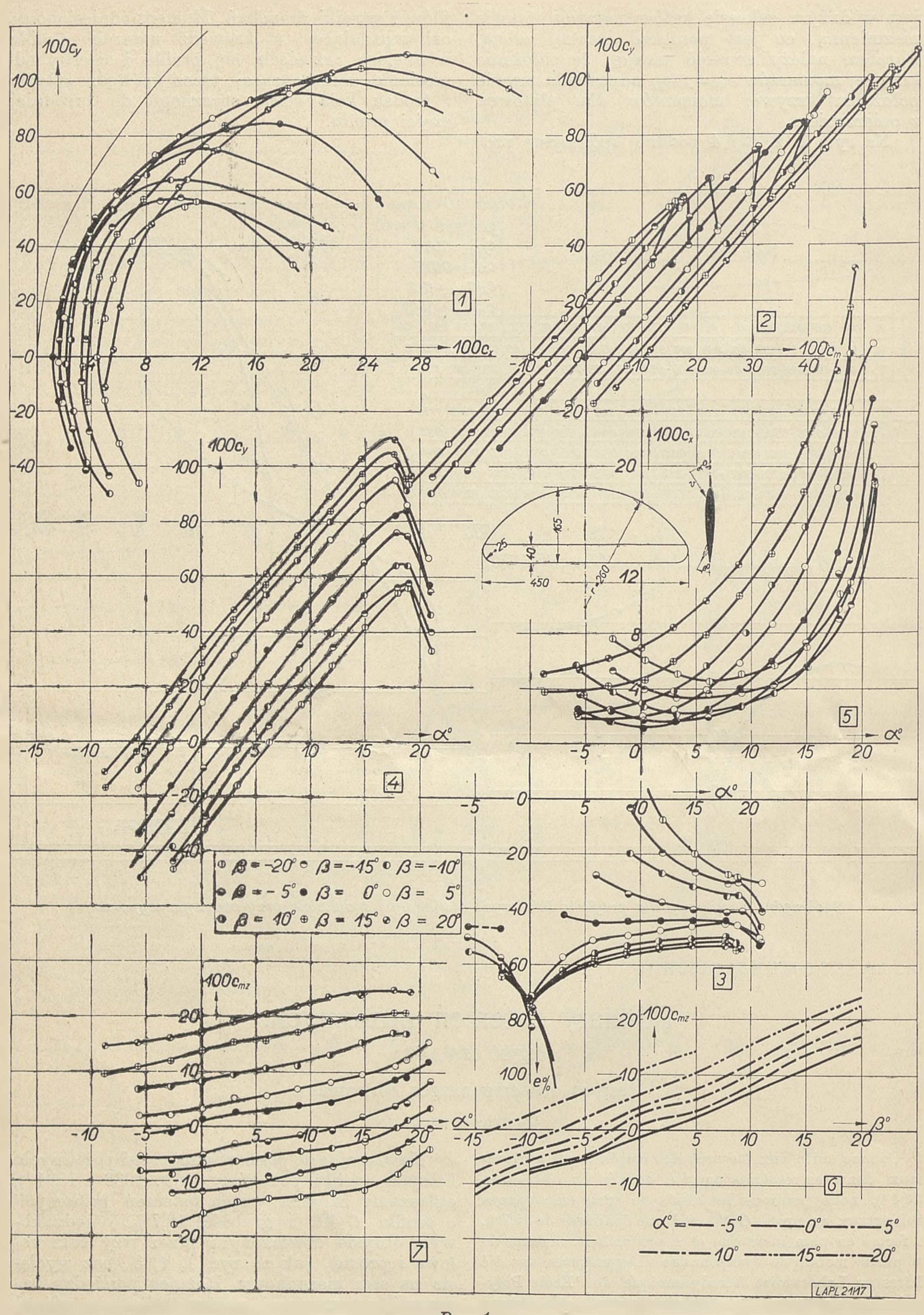
Quatrième partie.

Comme suite aux mesures des empennages horizontaux dont les résultats ont été donnés en 1933 et en 1934 [1]), nous publions les essais de trois empennages hoizontaux au profil G 409 et à une épaisseur de 12,7%, à forme en plan identique et à profondeur variable de la partie mobile de l'empennage. Les mesures ont été faites au Laboratoire Aérodynamique de l'École Polytechnique de Lwów. On a déduit des courbes de mesure les courbes dérivées déterminant „la sensibilité" et „l'efficacité" de l'empennage; ensuite, on a comparé les empennages à différentes profondeurs de la partie mobile de l'empennage.

Nawiązując do pomiarów usterzeń poziomych, których wyniki podaliśmy w r. 1933 i 1934 [1]), ogłaszamy badania trzech usterzeń poziomych o profilu G 409 i grubości 12,7%, o jednakowym obrysie utworzonym przez trzy łuki kołowe i prostą, jak na ryc. 1, 2, 3, bez wycięcia na ster kierunkowy. Różnica pomiędzy badanemi usterzeniami polega tylko na różnej głębokości części ruchomej usterzenia t. j. steru

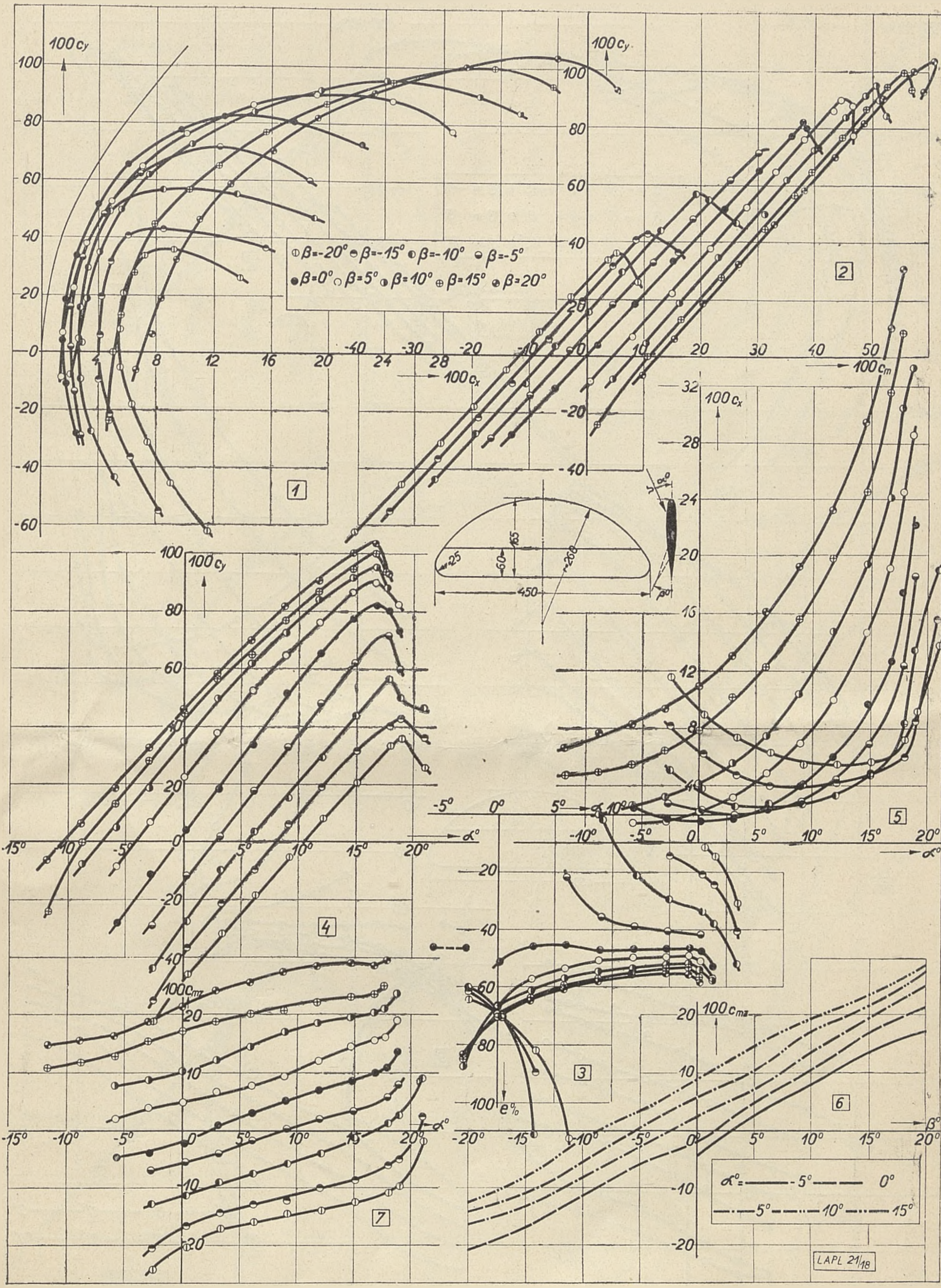
---

[1]) „Czasopismo Lotnicze", 1933. Nr. 3, str. 27—32, Nr. 4, str. 41—53, 1934. Nr. 2, str. 56—61.



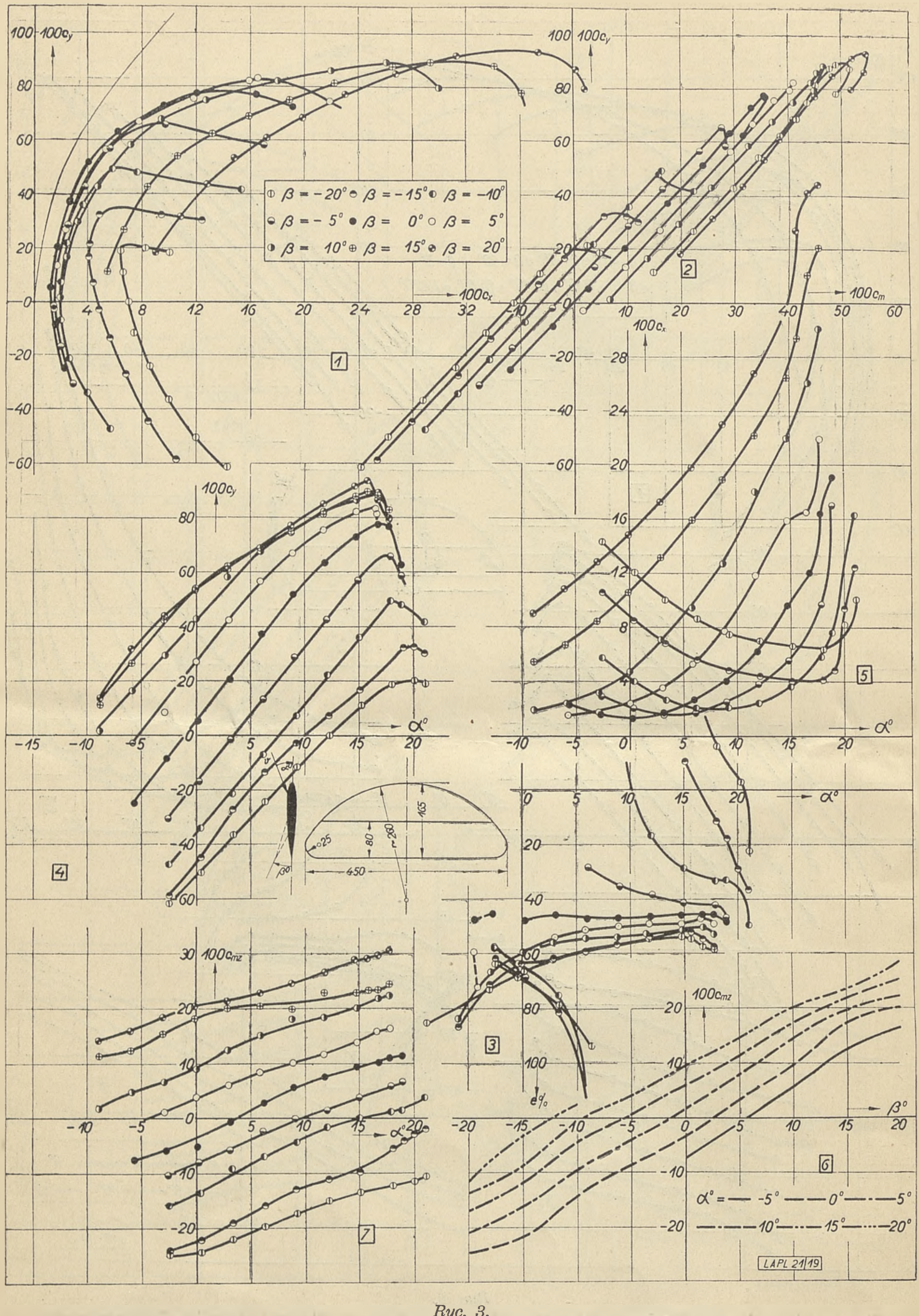
Ryc. 1.

Wykresy dla usterzenia poziomego o profilu G 409 i grubości 12,7% przy stosunku głębokości części ruchomej i całego opierzenia $=\frac{40}{165}=0{,}242$.



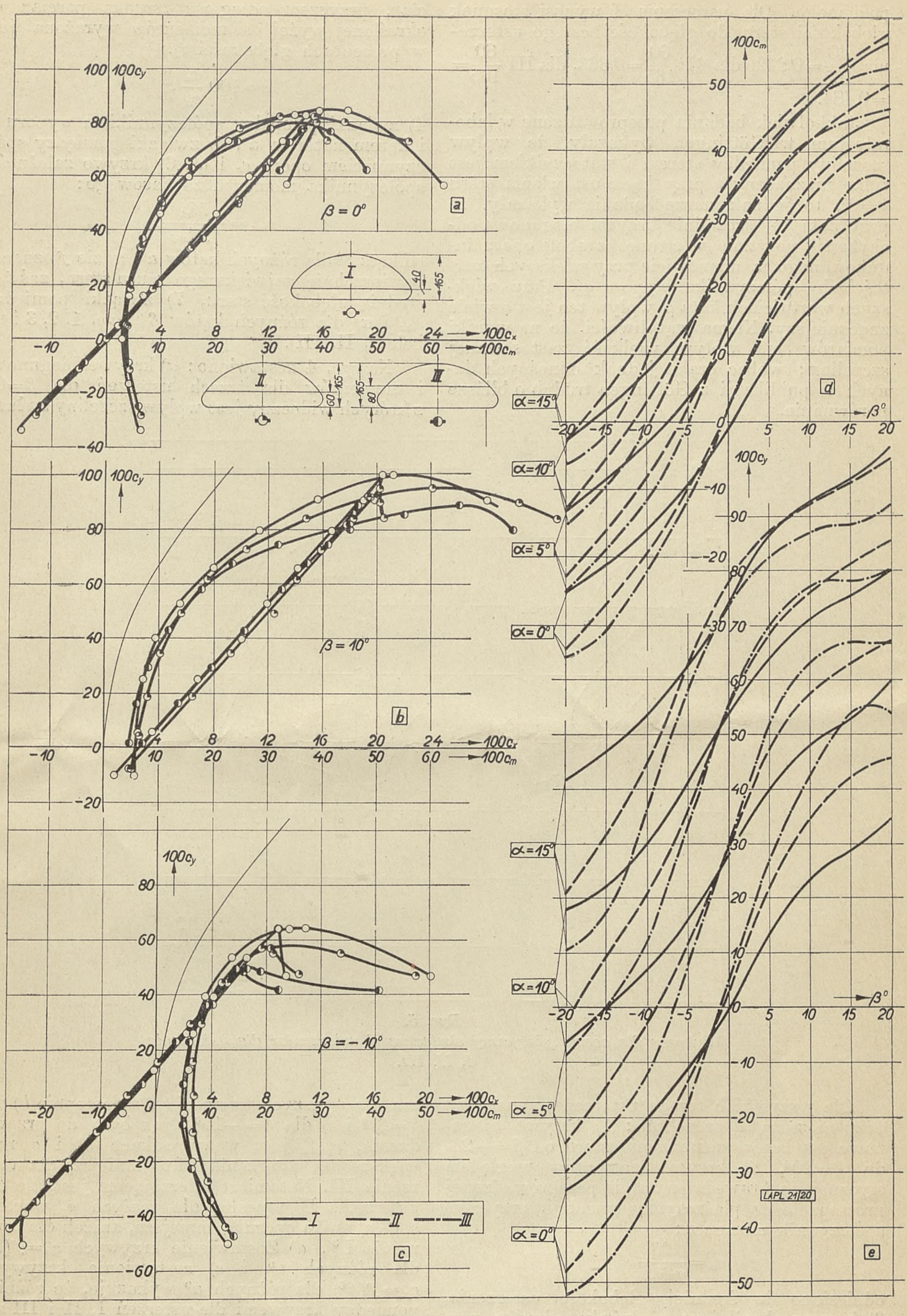
Ryc. 2.

Wykresy dla usterzenia poziomego o profilu G 409 i grubości 12,7% przy stosunku głębokości części ruchomej i całego opierzenia $= \frac{60}{165} = 0{,}363$.



Ryc. 3.

Wykresy dla usterzenia poziomego o profilu G 409 i grubości 12,7% przy stosunku głębokości części ruchomej i całego opierzenia $= \frac{80}{165} = 0{,}484$.



Ryc. 4.
Wykresy dla porównania własności aerodynamicznych usterzeń I, II, III.

poziomego. Dla usterzenia I wynosi stosunek głębokości steru do głębokości całego usterzenia $\frac{40}{165}=0{,}242$, dla II $\frac{60}{165}=0{,}363$, dla III $\frac{80}{165}=$ $=0{,}484$.

Jakkolwiek badania przeprowadzone w laboratorjum w Göttingen wykazały, że wpływ szczeliny pomiędzy sterem i statecznikiem jest tylko nieznaczny [2]) przy kącie ustawienia steru $\beta=0^0$, to jednak nasze badania wykazały, że przy zakrytej szczelinie krzywa biegunowa odchyla się pokaźnie w stronę paraboli oporu indukowanego, a mianowicie przy większych wartościach spółczynnika wyporu c_y. Przy większych wartościach kąta β wpływ ten jest o wiele znaczniejszy. Niema wątpliwości, że na wyniki pomiarów ma wpływ wielkość zastosowanej szczeliny; wobec braku jednak odnośnych danych w publikacji z Göttingen trudno o bliższe porównanie.

cia", przyczem odległość „środka parcia" od określonej wyżej osi momentów wyrażona jest w procentach głębokości $t_{śr}$:

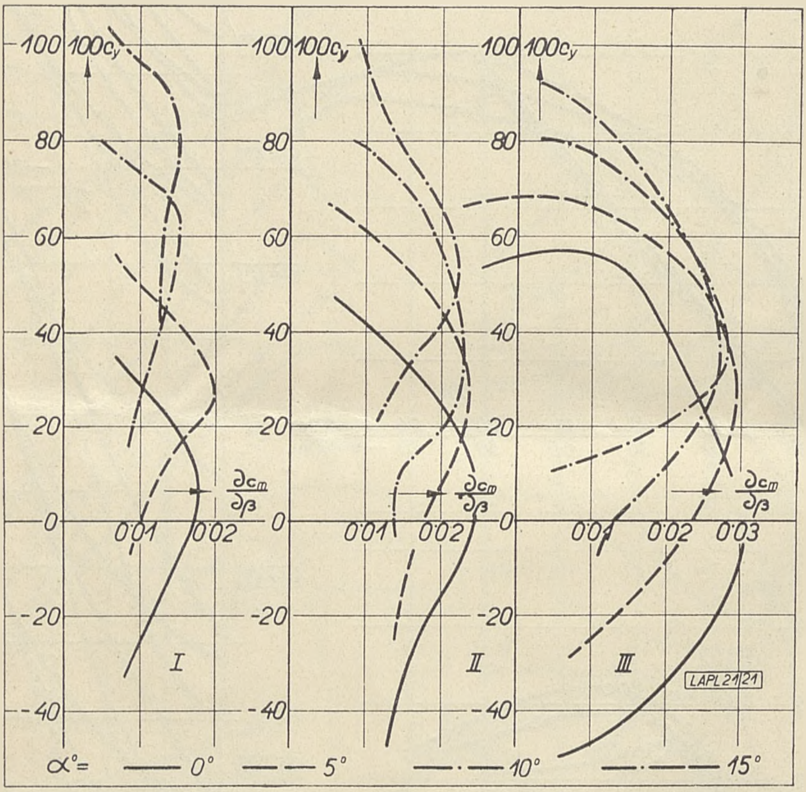
$$e=100\,\frac{c_m}{c_n},$$

4) związki pomiędzy spółczynnikiem wyporu c_y i kątem natarcia α^0, 5) związki pomiędzy spółczynnikiem oporu c_x i α^0, 6) krzywe zależności spółczynnika momentu zawiasowego:

$$c_{mz}=\frac{M_{st}}{q\,f\,t_{st\,śr}}$$

od kąta β^0 dla różnych kątów α^0, gdzie f oznacza powierzchnię największego rzutu steru, zaś $t_{st\,śr}$ średnią głębokość steru, 7) związki pomiędzy c_{mz} i α^0 dla różnych kątów β^0 (ryc. 1, 2, 3 i tabele I, II, III).

Na ryc. 4 zestawiono: *a)* krzywe biegunowe i momentów dla trzech usterzeń dla $\beta=0^0$, z których widoczny jest wpływ szczeliny zwłasz-



Ryc. 5.
Wykresy dla oceny „statycznej skuteczności usterzenia" dla usterzenia I, II, III.

Dla wszystkich trzech usterzeń wyznaczono przy niezakrytej szczelinie: 1) krzywe biegunowe dla kątów nastawienia steru od $\beta=-20^0$ do $\beta=20^0$, 2) krzywe momentów względem stycznej do krawędzi natarcia przeprowadzonej prostopadle do płaszczyzny symetrji, przyczem spółczynnik momentu:

$$c_m=\frac{M}{q\,F\,t_{śr}}$$

odniesiono do średniej głębokości usterzenia, 3) krzywe określające wędrówkę „środka par-

cza dla wyższych wartości c_y, a następnie *b)* dla $\beta=10^0$ i *c)* dla $\beta=-10^0$; jak było do przewidzenia, $c_{y\,max}$ jest w wypadkach *b)* i *c)* największe dla usterzenia I i najmniejsze dla usterzenia III. Natomiast uderzającem jest, że dla usterzenia II wypada dla małych c_y wartość spółczynnika oporu c_x mniejsza, aniżeli dla usterzenia I [3]). *d)* Zestawienie krzywych $c_m=f(\beta^0)$ dla różnych α^0 i *e)* zestawienie krzywych $c_y=f(\beta^0)$ dla różnych α^0 wykazuje, że różnice pomiędzy krzywemi dla usterzeń I, II i III za-

[2]) „Ergebnisse d. Aerodyn. Versuchsanstalt zu Göttingen", III t., str. 103.

[3]) Podobny wynik otrzymano w Göttingen, l. c. str. 104.

Tabela I. Opierzenie poziome o profilu G 409 i grubości 12,7%, przy stosunku głębokości części ruchomej i całego opierzenia $= \frac{40}{165} = 0{,}242$.

$\beta = -20^0$

α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-2,6	-0,463	0,075	-6,2	-0,302	64,8
0,4	-0,320	0,060	-5,3	-0,246	76,9
3,3	-0,162	0,050	-3,2	-0,173	108,8
6,2	-0,005	0,044	-0,1	-0,101	- ∞
9,1	0,137	0,050	2,7	-0,041	-28,7
12,0	0.278	0,056	5,0	0,021	7,39
15,0	0,418	0,070	6,0	0,083	19,7
17,9	0,539	0,108	5,0	0,149	27,3
18,9	0,558	0,116	4,8	0,160	28,3
21,0	0,328	0,187	1,8	0,118	31,6

$\beta = -15^0$

α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-2,6	-0,435	0,053	-8,2	-0.278	63,6
0,3	-0,272	0,039	-7,0	-0,207	76,1
3,2	-0,093	0,033	-2,8	-0,126	138,5
6,2	0,059	0,036	1,6	-0.057	-90,5
9,1	0,197	0,036	5,5	0,006	3,0
12,0	0,342	0,043	8,0	0,066	19,2
14,9	0,468	0,055	8,5	0,122	26,2
17,9	0,561	0,090	6,2	0,169	30,1
18,9	0,575	0,105	5,5	0,173	29,9
21,0	0,402	0,189	2,1	0,184	41,5

$\beta = -10^0$

α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-5,5	-0,500	0,053	-9,4	-0,281	55,9
-2,6	-0,387	0,037	-10,5	-0,237	60,9
0,3	-0,202	0,027	-7,5	-0.157	77,7
3,2	-0,028	0,021	-1,3	-0.070	-241,4
6,1	0,127	0,024	5,3	-0,003	-2,3
9,1	0,259	0,027	9,6	0,051	19,6
12,0	0,392	0,036	10.9	0,105	26,9
14,9	0,533	0,055	9,7	0,165	31,2
17,9	0,640	0,097	6,6	0,223	34,9
18,9	0,640	0,109	5,9	0,221	34,5
20,9	0,468	0,201	2,3	0,236	46,4

$\beta = -5^0$

α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-5,6	-0,415	0,036	-11,5	-0,213	51,1
-2,7	-0,266	0,023	-11,6	-0,156	58,4
0,2	-0,099	0,017	-5,8	-0,082	82,8
3,2	0,056	0,016	3,5	-0,009	-15,8
6,1	0,211	0,019	11,1	0,058	27,4
9,0	0,350	0,026	13,5	0,120	34,3
11,9	0,503	0,042	12,0	0,187	37,3
14,8	0,648	0,073	8,9	0,252	39,0
17,8	0,758	0,123	6,2	0,311	40,9
18,8	0,747	0,132	5,7	0,301	40,1
20,9	0,541	0,230	2,4	0,302	51,8

$\beta = 0^0$

α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-5,6	-0,337	0,025	-13,5	-0,157	46,6
-2,7	-0,163	0,016	-10,2	-0,077	47,0
0,2	-0,002	0,011	-0,2	-0,002	100,0
3,1	0,157	0,016	9,8	0,067	42,4
6,0	0,333	0,025	13,3	0,151	45,2
8,9	0,458	0,039	11,7	0,204	44,4
11,9	0,597	0,060	10,0	0,263	44,1
14,8	0,729	0,089	8,2	0.322	44,2
17,8	0,824	0,138	6,0	0,365	44,2
18,7	0,844	0,177	4,8	0,391	45,7
20,9	0,567	0,249	2,3	0,331	53,5

$\beta = 5^0$

α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-5,7	-0,171	0,019	-9,0	-0,032	18,6
-2,8	-0,022	0,016	-1,4	0,032	-139,1
0,1	0,140	0,020	7,0	0,102	72,9
3,0	0,312	0,025	12,5	0,181	57,8
6,0	0,449	0,039	11,5	0,236	52,3
8,9	0,586	0,058	10,1	0,292	49,7
11,8	0,730	0,086	8,5	0,350	47,7
14,7	0,861	0,128	6,7	0,402	46,5
17,7	0,949	0,184	5,2	0,434	45,2
18,7	0,866	0,242	3,6	0,409	45,6
20,8	0,668	0,288	2,3	0,368	50,5

$\beta = 10^0$

α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-5,8	-0,101	0,022	-4,6	0,020	-19,6
-2,8	0,057	0,025	2,3	0,090	160,7
0,1	0,233	0,029	8,0	0,171	73,4
3,0	0,404	0,038	10,6	0,252	62,1
5,9	0,530	0,056	9,5	0,299	56,1
8,8	0,659	0,080	8,2	0,354	53,4
11,8	0,799	0,114	7,0	0,417	51,8
14,7	0,928	0,156	5,9	0,477	51,0
17,7	1,004	0,212	4,7	0,511	50,1
18,7	0,909	0,282	3,2	0,497	52,3

$\beta = 15^0$

α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-8,7	-0,169	0,037	-4,6	0,013	-7,5
-5,8	-0,036	0,034	-1,1	0,071	-182,1
-2,9	0,126	0,041	3,1	0,150	121,0
0,0	0,286	0,046	6,2	0,214	74,8
3,0	0,441	0,059	7,5	0,282	63,5
5,9	0,569	0,078	7,3	0,334	58,2
8,8	0,706	0,106	6,7	0,395	55,3
11,8	0,836	0,137	6,1	0,454	53,7
14,7	0,971	0,182	5,3	0,517	52,5
17,6	1,043	0,236	4,4	0,550	51,6
18,7	0,954	0,315	3,0	0,547	54,5

$\beta = 20^0$

α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-8,8	-0,112	0,050	-2,2	0,053	-44,5
-5,8	0,026	0,056	0,5	0,115	575,0
-2,9	0,179	0,061	2,9	0,179	102,3
0,0	0,343	0,069	5,0	0,251	73,2
2,9	0,477	0,084	5,7	0,307	63,6
5,9	0,614	0,103	6,0	0,370	59,5
8,8	0,746	0,129	5,8	0,430	56,8
11,7	0,889	0,168	5,3	0,494	54,6
14,7	1,027	0,215	4,8	0,560	53,5
17,6	1,089	0,269	4,0	0,596	53,2
18,7	0,965	0,343	2,8	0,556	54,2

$\beta=-20^0$		$\beta=-15^0$		$\beta=-10^0$		$\beta=-5^0$		$\beta=0^0$		$\beta=5^0$		$\beta=10^0$		$\beta=15^0$		$\beta=20^0$	
α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}
-2,6	-0,179	-2,6	-0,123	-5,5	-0,081	-5,6	-0,057	-5,6	-0,013	-5,7	0,019	-5,8	0,065	-8,7	0,097	-8,8	0,146
0,4	-0,158	0,3	-0,119	-2,6	-0,088	-2,7	-0,064	-2,7	-0,013	-2,8	0,019	-2,8	0,071	-5,8	0,109	-5,8	0,151
3,3	-0,136	3,2	-0,114	0,3	-0,064	0,2	-0,052	0,2	0,013	0,1	0,032	0,1	0,083	-2,9	0,120	-2,9	0,161
6,2	-0,132	6,2	-0,090	3,2	-0,064	3,2	-0,032	3,1	0,026	3,0	0,051	3,0	0,095	0,0	0,138	0,0	0,171
9,1	-0,127	9,1	-0,084	6,1	-0,052	6,1	-0,026	6,0	0,026	6,0	0,057	5,9	0,106	3,0	0,154	2,9	0,191
12,0	-0,122	12,0	-0,071	9,1	-0,045	9,0	-0,013	8,9	0,038	8,9	0,069	8,8	0,110	5,9	0,157	5,9	0,204
15,0	-0,116	14,9	-0,058	12,0	-0,039	11,9	-0,006	11,9	0,044	11,8	0,081	11,8	0,132	8,8	0,172	8,8	0,221
17,9	-0,084	17,9	-0,045	14,9	-0,026	14,8	0,019	14,8	0,063	14,7	0,097	14,7	0,153	11,8	0,191	11,7	0,236
18,9	-0,065	18,9	-0,026	17,9	0,000	17,8	0,038	17,8	0,086	17,7	0,113	17,7	0,172	14,7	0,202	14,7	0,239
21,0	-0,039	21,0	0,000	18,9	0,013	18,8	0,044	18,7	0,092	18,7	0,124	18,7	0,170	17,6	0,212	17,6	0,250
				20,9	0,038	20,9	0,087	20,9	0,121	20,8	0,157			18,7	0,210	18,7	0,247

Rozpiętość $b=0{,}45\ m$, powierzchnia opierzenia $F=0{,}057\ m^2$, średnia głębokość opierzenia $t_{śr.\ op.}=0{,}127\ m$, wydłużenie $\lambda=b^2/F=3{,}54$, powierzchnia steru $f=0{,}01775\ m^2$, stosunek $f/F=0{,}312$, średnia głębokość steru $t_{śr.\ st.}=0{,}0394\ m$, ciśnienie prędkości $q=56{,}25\ mm$ słupa wody.

Tabela II. Opierzenie poziome o profilu G 409 i grubości 12,7%, przy stosunku głębokości części ruchomej i całego opierzenia $= \frac{60}{165} = 0,363$.

$\beta=-20^0$						$\beta=-15^0$						$\beta=-10^0$					
α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$	α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$	α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-2,5	-0,623	0,116	-5,4	-0,405	64,6	-2,5	-0,552	0,082	-6,7	-0,342	61,6	-2,6	-0,437	0,051	-8,6	-0,264	60,1
0,4	-0,455	0,090	-5,1	-0,322	70,9	0,4	-0,364	0,062	-5,8	-0,258	70,9	0,3	-0,274	0,035	-7,8	-0,193	70,4
3,4	-0,315	0,074	-4,3	-0,254	81,9	3,3	-0,213	0,048	-4,4	-0,188	89,5	3,2	-0,096	0,027	-3,6	-0,106	111,6
6,3	-0,183	0,063	-2,9	-0,197	112,6	6,2	-0,095	0,040	-2,4	-0,129	143,3	6,2	0,034	0,028	1,2	-0,053	-143,2
9,2	-0,051	0,055	-0,9	-0,139	339,0	9,2	0,059	0,041	1,4	-0,066	-101,5	9,1	0,154	0,027	5,7	0,003	1,9
12,1	0,081	0,055	1,5	-0,081	-90,0	12,1	0,193	0,042	4,6	-0,008	-4,0	12,0	0,295	0,033	8,9	0,062	21,0
15,1	0,208	0,057	3,7	-0,027	-12,5	15,0	0,317	0,049	6,5	0,046	14,4	15,0	0,440	0,048	9,2	0,129	29,5
18,0	0,337	0,072	4,7	0,039	11,4	18,0	0,406	0,060	6,8	0,085	21,0	17,9	0,567	0,084	6,8	0,191	33,7
19,0	0,361	0,092	3,9	0,055	14,8	19,0	0,429	0,085	5,1	0,106	24,4	18,9	0,550	0,135	4,1	0,214	37,9
21,1	0,261	0,138	1,9	0,091	31,1	21,0	0,365	0,156	2,3	0,161	40,6	20,9	0,468	0,190	2,5	0,262	51,9

$\beta=-5^0$						$\beta=0^0$						$\beta=5^0$					
α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$	α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$	α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-2,7	-0,289	0,028	-10,3	-0,166	57,2	-5,7	-0,280	0,025	-11,2	-0,130	46,3	-5,8	-0,085	0,014	-6,1	0,006	-7,0
0,3	-0,137	0,023	-6,0	-0,099	72,3	-2,8	-0,112	0,017	-6,6	-0,052	46,0	-2,8	0,068	0,015	4,5	0,081	120,9
3,2	0,019	0,020	0,9	-0,028	-140,0	0,2	0,039	0,015	2,6	0,020	51,3	0,1	0,224	0,022	10,0	0,150	67,0
6,1	0,180	0,023	7,8	0,046	25,4	3,1	0,183	0,017	11,1	0,084	45,7	3,0	0,378	0,032	11,8	0,216	56,8
9,0	0,329	0,029	11,3	0,117	35,5	6,0	0,337	0,024	14,0	0,152	45,0	5,9	0,525	0,049	10,7	0,281	53,3
11,9	0,482	0,044	11,0	0,186	38,8	8,9	0,516	0,040	10,3	0,242	46,9	8,8	0,648	0,070	9,3	0,330	50,7
14,9	0,622	0,069	9,0	0,251	40,5	11,8	0,654	0,060	10,9	0,303	46,5	11,8	0,761	0,100	7,6	0,381	49,7
17,8	0,718	0,124	5,8	0,302	41,8	14,8	0,777	0,097	8,0	0,359	46,3	14,7	0,866	0,147	5,9	0,432	49,4
18,9	0,600	0,186	3,2	0,212	33,8	16,8	0,821	0,127	6,5	0,379	46,1	16,7	0,901	0,191	4,7	0,450	49,0
						17,8	0,802	0,175	4,6	0,385	47,1	17,7	0,883	0,245	3,6	0,466	50,9
						18,8	0,733	0,222	3,3	0,405	52,9	18,8	0,775	0,286	2,7	0,468	56,7

$\beta=10^0$						$\beta=15^0$						$\beta=20^0$					
α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$	α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$	α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-8,8	-0,076	0,020	-3,8	0,046	-59,0	-11,7	-0,239	0,047	-5,1	0,019	-7,8	-11,8	-0,062	0,066	-0,9	0,099	-132,0
-5,8	0,048	0,026	1,9	0.104	226,1	-8,8	-0,003	0,050	-0,1	0,106	-1060,0	-8,8	0,061	0,077	0,8	0,153	318,8
-2,9	0,188	0,032	5,9	0.163	87,6	-5,9	0,130	0,055	2,3	0,166	132,8	-5,9	0,186	0,083	2,2	0,204	115,3
0,0	0,348	0,041	8,5	0,232	66,7	-3,0	0,280	0,065	4,3	0,236	85,2	-3,0	0,325	0,094	3,5	0,266	83,1
2,9	0,497	0,056	8,9	0,312	62,4	0,0	0,447	0,079	5,7	0,312	69,8	-0,1	0,463	0,110	4,2	0,328	70,8
5,9	0,618	0,075	8,2	0,352	56,5	2,9	0,566	0,102	5,6	0,364	63,7	2,9	0,583	0,131	4,5	0,381	64,7
8,8	0,726	0,104	7,0	0,398	54,3	5,8	0,650	0,123	5,3	0,393	59,5	5,8	0,702	0,161	4,4	0,434	60,8
11,7	0,842	0,148	5,7	0,454	53,2	8,8	0,769	0,156	4,9	0,447	57,0	8,8	0,819	0,192	4,3	0,485	57,9
14,7	0,918	0,194	4,7	0,487	52,0	11,7	0,870	0,198	4,4	0,489	54,8	11,7	0,906	0,232	3,9	0,518	55,5
16,7	0,954	0,241	4,0	0,506	51,5	14,7	0,948	0,245	3,9	0,523	53,4	14,7	1,004	0,295	3,4	0,574	54,9
17,7	0,901	0,305	3,0	0,512	53,8	16,7	0,999	0,316	3,2	0,555	53,0	16,6	1,038	0,360	2,9	0,609	55,5
18,7	0,845	0,333	2,5	0,525	57,9	17,7	0,939	0,357	2,6	0,568	56,6	17,7	0,931	0,402	2,3	0,591	58,6

$\beta=-20^0$		$\beta=-15^0$		$\beta=-10^0$		$\beta=-5^0$		$\beta=0^0$		$\beta=5^0$		$\beta=10^0$		$\beta=15^0$		$\beta=20^0$	
α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}
-2,5	-0,242	-2,5	-0,205	-2,6	-0,129	-2,7	-0,068	-5,7	-0,046	-5,8	0,022	-5,8	0,079	-11,7	0,108	-11,8	0,149
0,4	-0,203	0,4	-0,167	0,3	-0,113	0,3	-0,054	-2,8	-0,039	-2,8	0,040	-2,9	0,089	- 8,8	0,118	-8,8	0,155
3,4	-0,172	3,3	-0,144	3,2	-0,089	3,2	-0,039	0,2	-0,022	0,1	0,050	0,0	0,103	- 5,9	0,128	-5,9	0,164
6,3	-0,160	6,2	-0,128	6,2	-0,075	6,1	-0,018	3,1	0,011	3,0	0,068	2,9	0,122	- 3,0	0,155	-3,0	0,189
9,2	-0,145	9,2	-0,122	9,1	-0,057	9,0	0,004	6,0	0,032	5,9	0,078	5,9	0,145	0,0	0,173	-0,1	0,213
12,1	-0,139	12,1	-0,100	12,0	-0,039	11,9	0,021	8,9	0,053	8,8	0,094	8,8	0,170	2,9	0,188	2,9	0,242
15,1	-0,125	15,0	-0,086	15,0	-0,011	14,9	0,035	11,8	0,070	11,8	0,120	11,7	0,186	5,8	0,201	5,8	0,255
18,0	-0,108	18,0	-0,061	17,9	0,014	17,8	0,059	14,8	0,087	14,7	0,145	14,7	0,195	8,8	0,207	8,8	0,277
19.0	-0,097	19,0	-0,050	18,9	0,028	18,9	0,080	16,8	0,100	16,7	0,156	16,7	0,202	11,7	0,221	11,7	0,286
21,1	-0,018	21,0	0,025	20,9	0,092			17,8	0,109	17,7	0,162	17,7	0,209	14,7	0,230	14,7	0,291
								18,8	0,136	18,8	0,190	18,7	0,236	16,7	0,235	16,6	0,287
														17,7	0,250	17,7	0,297

Rozpiętość $b=0{,}45\ m$, powierzchnia opierzenia $F=0{,}057\ m^2$, średnia głębokość opierzenia $t_{śr.\ op.}=0{,}127\ m$ wydłużenie $\lambda=b^2/F=3{,}54$, powierzchnia steru $f=0{,}02627\ m^2$, stosunek $f/F=0{,}46$, średnia głębokość steru $t_{śr.\ st.}=0{,}0584\ m$, ciśnienie prędkości $q=56{,}25\ mm$ słupa wody.

Tabela III. Opierzenie poziome o profilu *G* 409 i grubości 12,7%, przy stosunku głębokości części ruchomej i całego opierzenia $= \frac{80}{165} = 0{,}484$.

$\beta = -20^0$

α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-2,5	-0,615	0,143	-4,3	-0,396	63,9
0,5	-0,503	0,120	-4,2	-0,346	68,9
3,4	-0,364	0,100	-3,6	-0,282	79,0
6,3	-0,244	0,086	-2,8	-0,220	94,0
9,3	-0,115	0,074	-1,6	-0,164	160,8
12,2	0,000	0,070	0,0	-0,112	-746,7
15,1	0,109	0,066	1,7	-0,064	-52,5
18,1	0,188	0,064	2,9	-0,032	-16,1
20,1	0,199	0,082	2,4	-0,006	-2,8
21,1	0,185	0,100	1,9	0,047	22,5

$\beta = -15^0$

α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-2,5	-0,589	0,106	-5,6	-0,366	61,7
0,4	-0,446	0,085	-5,3	-0,303	67,8
3,3	-0,270	0,068	-4,0	-0,216	81,5
6,3	-0,135	0,056	-2,4	-0,155	121,1
9,2	-0,028	0,048	-0,6	-0,109	545,0
12,2	0,071	0,044	1,6	-0,066	-84,6
15,1	0,166	0,040	4,2	-0,018	-10,6
18,1	0,214	0,041	5,2	0,025	11,6
19,0	0,322	0,048	6,7	0,057	17,8
20,0	0,323	0,094	3,4	0,098	29,2
21,0	0,301	0,124	2,4	0,120	36,9

$\beta = -10^0$

α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-2,6	-0,474	0,057	-8,3	-0,277	58,1
0,4	-0,342	0,040	-8,6	-0,218	63,7
3,3	-0,213	0,026	-8,2	-0,159	75,4
6,2	-0,070	0,020	-3,5	-0,091	133,8
9,2	0,073	0,020	3,7	-0,026	-34,7
12,1	0,219	0,024	9,1	0,037	16,9
15,0	0,359	0,036	10,0	0,103	28,9
17,9	0,494	0,058	8,5	0,164	33,6
18,9	0,480	0,076	6,3	0,158	33,0
21,0	0,416	0,163	2,6	0,223	49,9

$\beta = -5^0$

α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-2,6	-0,306	0,029	-10,6	-0,178	58,0
0,3	-0,169	0,020	-8,5	-0,116	68,6
3,2	-0,017	0,015	-1,1	-0,041	256,3
6,1	0,133	0,017	7,8	0,038	28,4
9,0	0,286	0,025	11,4	0,101	35,2
12,0	0,426	0,038	11,2	0,164	38,6
14,9	0,569	0,056	10,2	0,234	41,5
17,8	0,656	0,097	6,8	0,276	42,1
18,9	0,584	0,170	3,4	0,284	46,8

$\beta = 0^0$

α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-5,7	-0,249	0,023	-10,8	-0,119	47,6
-2,8	-0,087	0,016	-5,4	-0,040	45,5
0,2	0,054	0,012	4,5	0,026	48,1
3,1	0,205	0,017	12,1	0,094	45,6
6,0	0,370	0,026	14,2	0,175	47,2
8,9	0,516	0,040	12,9	0,242	46,9
11,9	0,632	0,062	10,2	0,292	46,2
14,8	0,729	0,096	7,6	0,332	45,5
16,8	0,775	0,120	6,5	0,356	45,8
17,8	0,769	0,164	4,7	0,358	45,8
18,9	0,626	0,191	3,3	0,316	48,3

$\beta = 5^0$

α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-5,8	-0,026	0,015	-1,7	0,016	-57,1
-2,9	0,135	0,017	7,9	0,097	72,4
0,0	0,270	0,024	11,3	0,161	59,6
3,0	0,421	0,035	12,0	0,229	54,1
5,9	0,566	0,053	10,7	0,293	51,6
8,8	0,667	0,077	8,7	0,335	49,9
11,8	0,755	0,118	6,4	0,375	49,1
14,8	0,822	0,159	5,2	0,412	49,3
16,8	0,832	0,165	5,0	0,396	46,9
17,8	0,794	0,219	3,6	0,404	49,1

$\beta = 10^0$

α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-8,8	0,017	0,019	0,9	0,067	478,6
-5,9	0,165	0,024	6,9	0,136	84,0
-3,0	0,295	0,032	9,2	0,196	66,9
0,0	0,429	0,047	9,1	0,256	59,7
2,9	0,581	0,071	8,2	0,326	55,9
5,8	0,676	0,094	7,2	0,372	54,5
8,8	0,747	0,127	5,9	0,410	54,1
11,8	0,822	0,180	4,6	0,444	52,7
14,7	0,862	0,220	3,9	0,455	51,1
16,7	0,892	0,261	3,4	0,466	50,1
17,8	0,797	0,301	2,7	0,450	52,9

$\beta = 15^0$

α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-8,9	0,112	0,054	2,1	0,147	142,7
-6,0	0,266	0,066	4,0	0,223	86,4
-3,0	0,424	0,084	5,1	0,299	71,2
-0,1	0,542	0,106	5,1	0,345	63,7
2,9	0,622	0,131	4,8	0,387	61,6
5,8	0,687	0,159	4,3	0,416	59,4
8,8	0,749	0,189	4,0	0,435	56,6
11,8	0,814	0,222	3,7	0,453	53,7
14,7	0,878	0,265	3,3	0,478	52,2
15,7	0,894	0,294	3,0	0,490	52,1
16,7	0,878	0,341	2,6	0,516	54,9
17,8	0,779	0,361	2,2	0,490	57,5

$\beta = 20^0$

α^0	c_y	c_x	c_y/c_x	c_m	$e^0/_0$
-8,9	0,186	0,090	2,1	0,197	115,9
-6,0	0,317	0,108	2,9	0,259	85,2
-3,0	0,438	0,128	3,4	0,316	73,3
-0,1	0,535	0,148	3,6	0,356	66,5
2,9	0,608	0,172	3,5	0,384	62,3
5,8	0,685	0,198	3,5	0,412	58,7
8,8	0,772	0,230	3,4	0,451	56,5
11,7	0,850	0,268	3,2	0,484	54,6
14,7	0,917	0,313	2,9	0,520	53,8
15,7	0,936	0,374	2,5	0,547	54,6
16,7	0,867	0,402	2,2	0,544	57,5
17,8	0,799	0,408	2,0	0,519	58,6

$\beta = -20^0$		$\beta = -15^0$		$\beta = -10^0$		$\beta = -5^0$		$\beta = 0^0$		$\beta = 5^0$		$\beta = 10^0$		$\beta = 15^0$		$\beta = 20^0$	
α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}	α^0	c_{mz}
-2,5	-0,249	-2,5	-0,241	-2,6	-0,158	-2,6	-0,103	-5,7	-0,075	-5,8	-0,012	-8,8	0,017	-8,9	0,113	-8,9	0,142
0,5	-0,245	0,4	-0,222	0,4	-0,136	0,3	-0,079	-2,8	-0,058	-2,9	0,010	-5,9	0,048	-6,0	0,124	-6,0	0,159
3,4	-0,222	3,3	-0,191	3,3	-0,091	3,2	-0,058	0,2	-0,027	0,0	0,039	-3,0	0,067	-3,0	0,154	-3,0	0,183
6,3	-0,197	6,3	-0,158	6,2	-0,070	6,1	-0,024	3,1	-0,007	3,0	0,060	0,0	0,090	-0,1	0,182	-0,1	0,204
9,3	-0,173	9,2	-0,130	9,2	-0,044	9,0	-0,002	6,0	0,029	5,9	0,083	2,9	0,125	2,9	0,200	2,9	0,214
12,2	-0,151	12,2	-0,111	12,1	-0,017	12,0	0,014	8,9	0,057	8,8	0,101	5,8	0,151	5,8	0,203	5,8	0,228
15,1	-0,135	15,1	-0,099	15,0	0,000	14,9	0,038	11,9	0,076	11,8	0,116	8,8	0,181	8,8	0,199	8,8	0,247
18,1	-0,123	18,1	-0,056	17,9	0,012	17,8	0,059	14,8	0,093	14,8	0,139	11,8	0,184	11,8	0,228	11,7	0,268
20,1	-0,116	19,0	-0,041	18,9	0,014	18,9	0,066	16,8	0,102	16,8	0,159	14,7	0,201	14,7	0,228	14,7	0,289
21,1	-0,106	20,0	-0,029	21,0	0,038			17,8	0,110	17,8	0,163	16,7	0,218	15,7	0,234	15,7	0,291
		21,0	-0,019					18,9	0,114			17,8	0,224	16,7	0,234	16,7	0,297
														17,8	0,243	17,8	0,305

Rozpiętość $b = 0{,}45\ m$, powierzchnia opierzenia $F = 0{,}057\ m^2$, średnia głębokość opierzenia $t_{śr.\ op.} = 0{,}127\ m$, wydłużenie $\lambda = b^2/F = 3{,}54$, powierzchnia steru $f = 0{,}0344\ m^2$, stosunek $f/F = 0{,}604$, średnia głębokość steru $t_{śr.\ st.} = 0{,}0764\ m$, ciśnienie prędkości $q = 56{,}25\ mm$ słupa wody.

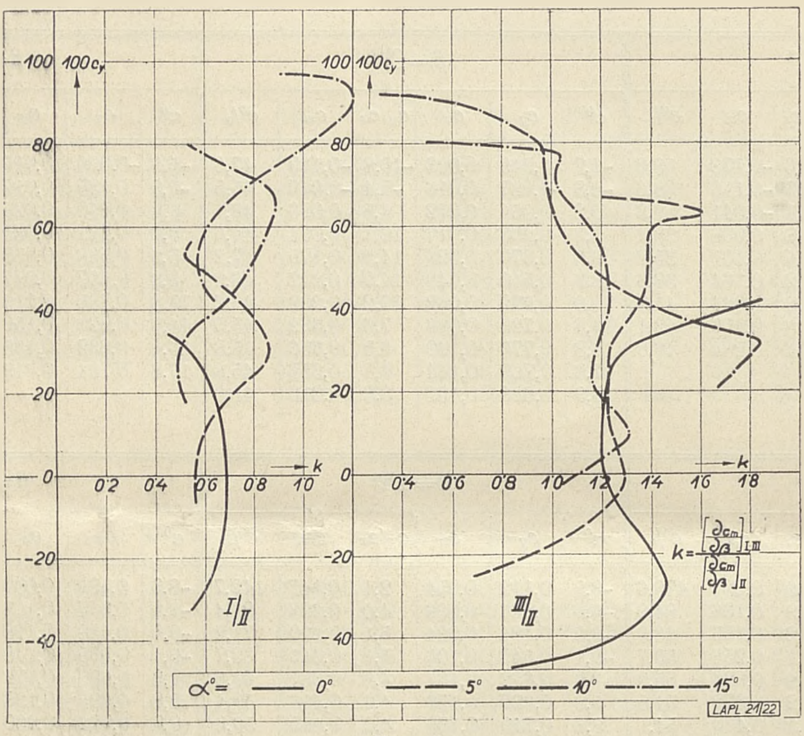
cierają się coraz bardziej ze wzrostem kąta natarcia α i w okolicy $\alpha = 15^0$ działanie usterzenia III jest gorsze od działania usterzenia II wzgl. I.

Aby uwydatnić „działanie“ usterzenia wyznaczamy z wykresu $c_y = f(\beta^0)$ wartości $\frac{\partial c_y}{\partial \beta}$, określające zmianę wyporu usterzenia przy określonym kącie natarcia α przy zmianie kąta ustawienia steru β o 1^0, a więc będące miarą „czułości“ usterzenia.

Z wykresu *e*) na ryc. 4 widoczne jest, że w zakresie małych kątów α i β jest czułość usterzenia III największa, II średnia, zaś I najmniejsza. Tak np. dla $\alpha = 0^0$ i $\beta = 5^0$ jest dla usterzenia III: $\left(\frac{\partial c_y}{\partial \beta}\right)_{III} = 0{,}034$, dla II: $\left(\frac{\partial c_y}{\partial \beta}\right)_{II} = 0{,}028$, dla I: $\left(\frac{\partial c_y}{\partial \beta}\right)_{I} = 0{,}022$, skąd wynika, że $\left(\frac{\partial c_y}{\partial \beta}\right)_{III} : \left(\frac{\partial c_y}{\partial \beta}\right)_{II} = 1{,}214$ i $\left(\frac{\partial c_y}{\partial \beta}\right)_{I} : \left(\frac{\partial c_y}{\partial \beta}\right)_{II} = 0{,}786$, czyli czułość usterzenia III jest o 21,4% większa w danym wypadku od czułości usterzenia II, zaś czułość usterzenia I jest o 21,4% mniejsza od czułości usterzenia II.

Z wykresu widoczne jest też, że n. p. dla $\alpha = 0^0$ i $\beta = \sim 15^0$ usterzenie III staje się dosyć nagle nieczułe, zaś przy dalszym wzroście kąta β wypór maleje, czyli usterzenie zaczyna działać przeciwnie.

Z wykresu *d*) można z pochylenia krzywych odczytać wartość $\frac{\partial c_m}{\partial \beta}$, którą możemy nazwać statyczną skutecznością usterzenia[4]); określa ona zmianę momentu usterzenia dokoła osi przechodzącej normalnie do płaszczyzny symetrji przez krawędź natarcia usterzenia przy zmianie kąta ustawienia steru względem części nieruchomej usterzenia o 1^0. Na ryc. 5 przedstawiono zależność $\frac{\partial c_m}{\partial \beta}$ od c_y przy $\alpha = 0^0$, 5^0, 10^0, 15^0 dla usterzeń I, II i III. Statyczna skuteczność usterzenia jest wogólności zmienną wraz z wyporem i najpierw rośnie z wyporem, następnie maleje, a nawet może się stać ujemną (działanie odwrotne usterzenia).



Ryc. 6.
Porównanie „statycznej skuteczności usterzenia“ pomiędzy usterzeniem I i II, tudzież III i II.

Celem porównania statycznej skuteczności usterzenia pomiędzy usterzeniem I i II, tudzież III i II, wyznaczono na ryc. 6 krzywe zależności pomiędzy $k = \frac{(\partial c_m / \partial \beta)_{I,\,III}}{(\partial c_m / \partial \beta)_{II}}$ i spółczynnikiem wyporu c_y dla kątów $\alpha = 0^0$, 5^0, 10^0, 15^0. Widoczne jest, że w zakresie $c_y = 0 - 0{,}8$ zmienia się skuteczność usterzenia I w granicach około 0,5—0,9 skuteczności usterzenia II, czyli jest o 50—10% gorsza, zaś skuteczność usterzenia III waha się w tym samym zakresie c_y pomiędzy około 1—1,8 skuteczności usterzenia II, czyli jest do 80% lepsza.

[4]) C. Biechteler: „Einfluss eines Ausschnittes im Höhenruder auf die statische Längsstabilität und die statische Höhenruderwirkung, Luftfahrtforschung, t. 11. Nr. 1, str. 3.

BIULETYN INSTYTUTU TECHNIKI SZYBOWNICTWA

Dr. ADAM KOCHAŃSKI

Wykrycie nowego źródła prądów wznoszących.

Spływ mas i nocne loty na szybowisku w Bezmiechowej.

Une nouvelle source des courants ascendants découverte à Bezmiechowa.

L'écoulement des masses d'air froid, et les vols à voile pendant la nuit.

Du 20. IX. 1934 on a commencé à Bezmiechowa, constamment et régulièrement, les vols à voile pendant la nuit. La barogramme No 1 de la fig. 1 montre, que le caractère des vols nocturnes est tout à fait différent du caractère des vols thermiques et des vols du terrain (No 2, 3 et 4 de la fig. 1). Les mesures de l'auteur et les observations de pilotes pendant les vols nocturnes prouvent, que ce n'est pas la thermique du soir et de nuit, qui donne les courants verticaux suffisants pour entrainer les planeurs.

A Bezmiechowa on observe fréquemment une forte brise de nuit (brise des montagnes); les fig. 3, 4, 5, 7 et 8 donnent les exemples de cette brise, alors que sur la fig. 6 et 9 nous avons l'état de l'atmosphère pendant le maximum diurne de la température, en 1,8 *m* au dessus du sol.

L'écoulement des masses d'air froid, de pentes montagneuses dans le fond de la vallée, pousse en haut l'air chaud, en masses considérables (fig. 10). La vitesse ascendante de cettes masses est 0,7 à 0,9 et exceptionellement 1,2 *m* par *sec.* Ce les indications de variomètres est les calculs de l'auteur, qui donnent ces chiffres. Évidemment qu'un planeur ayant une descendance propre vers 0,6—0,7 *m* par *sec*, peut s'élever. L'ascendance est exclusivement régulière et fixe. Pendant le fort vent l'écoulement d'air froid dure de 17^h à 23^h, pendant le calme, toute la nuit.

Dnia 20. września 1934 rozpoczęto w Bezmiechowej, bodaj że pierwszy raz w szybownictwie światowem [1]), regularne późnowieczorne i nocne loty szybowcowe. Zaczęły się one dosyć przypadkowo. 20. września 1934, na godzinę przed zachodem słońca i przy bardzo słabym wietrze, wystartował w Bezmiechowej P. Mynarski, celem wypróbowania ewentualnej termiki wieczornej lasu. Zupełnie niespodziewanie szybowiec uzyskał znaczną wysokość. W kwandrans potem wypuszczono drugi szybowiec. Pierwszy utrzymał się w powietrzu przez 4 godziny, drugi przez $5^1/_2$ godzin. Kierownictwo Szkoły Szybowcowej w Bezmiechowej postanowiło wyzyskać te zupełnie nieoczekiwane możliwości lotów w nocy i kontynuować, regularnie już, nocne loty.

Zdarzały się wprawdzie w Bezmiechowej i przedtem sporadyczne wypadki żaglowania późnym wieczorem oraz nocą. I tak np. dnia 19. X. 1931 r. inż. Sz. Grzeszczyk w swoim rekordowym locie 7 godz. 53 min., lądował w zupełnym już zmroku. Mówiło się wtedy o wieczornej termice lasu. W październiku 1932 B. Baranowski na „*Czajce*" kabinkowej, uzyskał w zupełnym zmierzchu już, na północnym zboczu Słonnego przy słabym wietrze, bardzo znaczną wysokość. Ten sam pilot dnia 21. VI. 1933 (lot 10 godz. 40 min.) lądował o $21^h15'$ w zupełnej ciemności. Wiatr był stosunkowo słaby. Dnia 30. X. 1933 P. Mynarski utrzymał się w powietrzu przez 11 godz. 58 min., a zmuszony był lądować w zupełnej ciemności o $22^h48'$ nie spowodu utraty wysokości, lecz spowodu najścia wału gęstych chmur, które zasłoniły księżyc i zaciemniły horyzont. Były to wszystko sporadyczne, nieprzewidziane wypadki, wskazujące jednak na możliwość latania nocą.

Regularne już nocne loty z września i października 1934 miały miejsce przy bardzo słabym naogół wietrze *SW*, na południowym stoku wzgórz Słonnego. Dla zorjentowania się, zestawiam wszystkie nocne loty ponad 1 godzinę (patrz tabl. na str. 24).

Dnia 29. X. miał nawet miejsce lot między $2^h56'$ a $3^h30'$ w nocy.

Uderzającem jest, że większość lotów kończyła się stale przed godz. 23. Charakterystyczne były również warunki, jakie panowały w dzień lotu i podczas lotu. 20. IX.obserwowano w Bezmiechowej na szczycie Słonnego przez cały dzień i wieczorem słaby i ciepły wiatr *SW*, o sile 2—4 *m* na *sek.* Tak podczas dnia jak i wieczorem niebo było zupełnie bezchmurne, a wieczorem dało się odczuć na szczycie Słonnego znaczne ocieplenie. 21. IX. panował też słaby wiatr *SW*. Wzrósł on nieco pod wieczór, ale w czasie nocnych lotów, znowu zmalał do 2—4 *m* na *sek*. Dzień był naogół chmurny (chmury wysokie), a wieczorem zachmurzenie wynosiło $^6/_{10}$ do $^8/_{10}$. 3. X obserwowano w dzień bardzo silny (do 17 *m* na *sek*) i porywisty wiatr *SW*. Pod wieczór zaczął on maleć i opadł do 6 *m* na *sek*. Dzień był stosunkowo ciepły i pogodny. 4. X. był też dniem pogodnym i ciepłym, ale znowu

[1]) W dość licznej literaturze szybowcowej polskiej i zagranicznej znalazłem tylko dwie notatki o nocnych lotach. Według notatki ze *Skrzydlatej Polski* nr. 1 z r. 1934, na lotnisku w Travemünde (Niemcy) czyniono próby przeszkolenia w nocnych lądowaniach pilotów kat. B, na holu za autem. Próby odbyły się ponoć „z pełnem powodzeniem". Tego rodzaju lotów, nawet jeżeli wiadomości o nich są prawdziwe, co wydaje się dosyć nieprawdopodobnem (piloci kat. B, na holu, w nocy !), nie można traktować na równi z lotami żaglowemi. Pozatem niema wzmianek bodaj o nocnych lotach, w szeregu poważnych czasopism lotniczych francuskich, angielskich i niemieckich. Jednakże 22. X. 1934 o godz. 20,15 radjostacja wrocławska nadała oryginalny reportaż z nocnych lotów szybowcowych w Wrocławiu. Były to niedługie loty przy pełni księżyca, z tem, że piloci otrzymywali instrukcje w powietrzu drogą radjową. W reportażu bardzo silnie podkreślano wieczorną termikę, jako źródło prądów, na których się lata („Die reine Abend - Thermik"). Być może więc, że i przed 20. IX. 1934 miały miejsce w Niemczech jakieś nocne loty. W nr. 1, z r. 1935 *Skrzydlatej Polski* znajduje się notatka, że we Wrocławiu wykonano szereg podobnych lotów żaglowych w nocy.

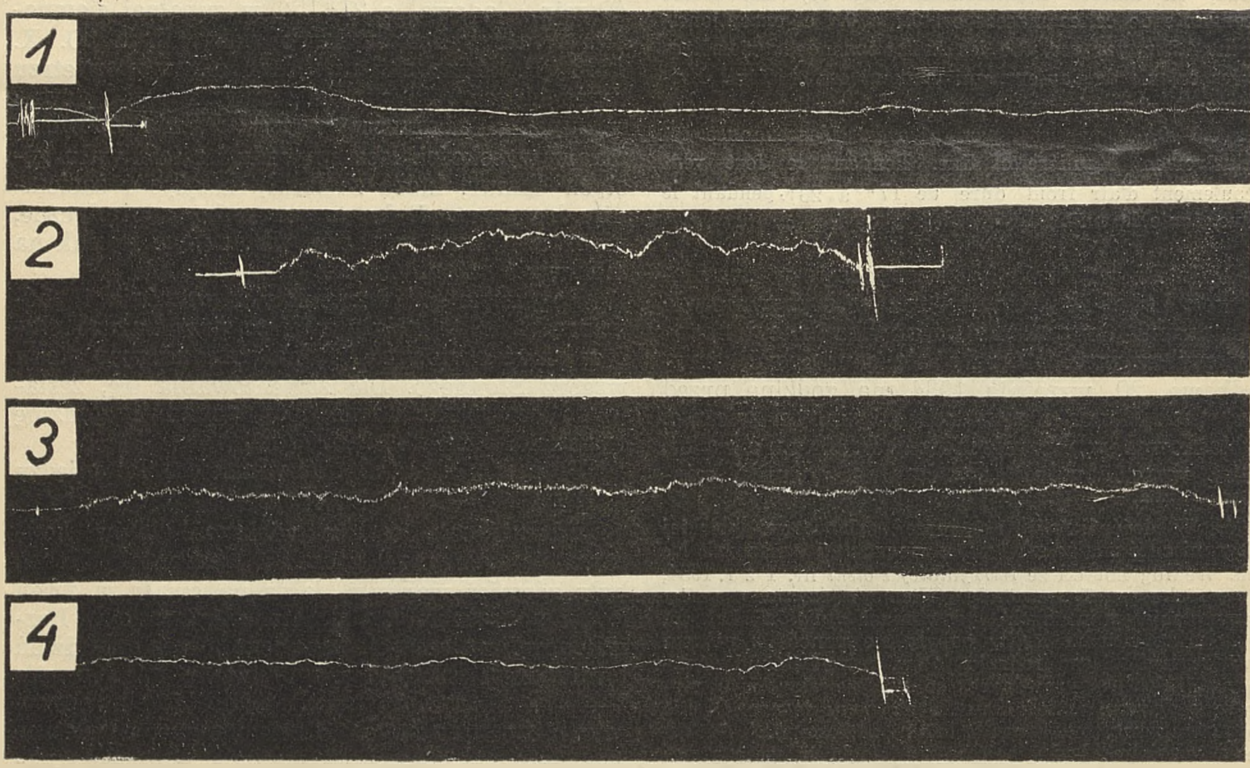
L.	Data	Pilot	Szybowiec	Zachód słońca	Godzina startu	Godzina lądow.	Czas lotu	Max. wysokość nad start w *m*
1	20. IX.	P. Mynarski .	SG 28	17^{42}	16^{45}	20^{48}	4^{03}	ok. 200
2	„	Z. Żabski . .	Komar	„	17^{02}	22^{37}	5^{25}	ok. 180
3	21. IX.	M. Offierski .	SG 28	17^{40}	17^{55}	22^{50}	4^{55}	ok. 300
4	„	P. Mynarski .	Komar	„	21^{04}	22^{50}	1^{46}	ok. 200
5	„	Cz. Papiewski .	„	„	15^{21}	18^{43}	3^{32}	ok. 200
6	3. X.	M. Offierski .	SG 28	17^{11}	17^{32}	20^{33}	3^{01}	ok. 300
7	4. X.	P. Mynarski .	Komar	17^{09}	17^{18}	19^{52}	2^{34}	ok. 150
8	26. X.	Z. Mikulski .	„	16^{21}	17^{25}	18^{28}	1^{03}	ok. 180
9	28. X.	J. Illaszewicz .	„	16^{17}	13^{45}	18^{17}	4^{32}	ok. 200
10	„	R. Dyrgałła .	„	„	20^{05}	22^{10}	2^{05}	ok. 200

o bardzo silnym wietrze *SW* (do 18 *m* na *sek*); około południa pojawiły się doskonałe warunki termiczne, pozwalające na osiągnięcie wysokości 1.500 i 1.250 *m* nad start. Pod wieczór wiatr osłabł do 6 *m* na *sek*.

Charakter lotów.

W Bezmiechowej przypuszczano początkowo, że loty odbywają się na termice wieczornej lasu. Obszerne połacie leśne, jakiemi szybowisko w Bezmiechowej jest otoczone, miałyby magazynować ciepło za dnia, by je następnie oddawać wieczorem. Okazało się jednak, że nad całym niezalesionym, a około 1.300 *m* szerokim pasem zbocza pomiędzy lasami (ryc. 2), obserwowano podczas nocnych lotów takie same wznoszenia, jak nad lasami; tymczasem przy wieczornej termice, nad nagą ziemią powinny pojawiać się prądy opadające, a przynajmniej znaczne pogorszenie warunków nośnych, jakie istnieją nad lasem.

Charakter tych nocnych lotów jest zupełnie odmienny od charakteru lotów na wietrze zboczowym czy na termice. Loty odbywały się na przestrzeni 2 do 3 *km*, wzdłuż południowego zbocza Słonnego i nad doliną Bezmiechowej. Na całej tej przestrzeni przy wietrze od 0 do 8 *m* na *sek*,



Ryc. 1.

Oryginały barogramek z lotów o różnym charakterze, z Bezmiechowej. 1. Nocny lot M. Offierskiego na SG 28, z 3. X. 1934. Start 17^{52} — lądow. 20^{33}. Zauważ powolne, lecz stałe wznoszenia i opadania, i brak wszelkich rzucań szybowcem. 2. Lot Offierskiego na SG 28 z 3. X. 1934. Start 11^{30} — lądow. 12^{55}. Lot termiczno-stokowy, przy stosunkowo silnym wietrze. 3. Lot J. Illaszewicza na SG 28 z 3. X. 1934. Start 14^{25} — lądow. 17^{05}. Lot czysto wiatrowy przy zboczu. Wiatr bardzo silny i porywisty. Zauważ bardzo niespokojny charakter krzywej barogramki, pochodzący z nieustannych rzucań szybowcem. 4. Lot R. Dyrgałły na „Komarze“ z 29. IX. 1934. Start 10^{37} — lądow. 12^{36}. Lot czysto wiatrowy, ale przy słabym i spokojnym wietrze.

niema najmniejszego „rzucania“ szybowcem, najmniejszej turbulencji. Nie odczuwa się zupełnie przejścia z nad lasu nad nagą ziemię. Niema obszarów, w których pojawiałoby się nagle wznoszenie lub opadanie. Na całej długości 2—3 *km* istnieje już to stałe wznoszenie, już to, pod koniec lotów około godz. 22—23, stałe opadanie. Wariometry pokładowe wskazują zwyczajnie zaledwie +0,1 do +0,2 *m* na *sek* wznoszenia, są jednak okresy, gdy dochodzi ono do +0,5. Wartości tej jednakże nie przekracza. Jedynie dzięki temu, że nigdzie na stoku dowietrznym niema prądów opadających, mogą szybowce w zupełnej ciemności, a więc przy bardzo utrudnionym pilotażu i „ślepej“ technice lotu, utrzymać się, a nawet nabierać wysokości. Uderzającem jest, że wszędzie, na całym stoku dowietrznym obserwuje się podczas nocnych lotów tylko wznoszenia. Jest bowiem ogólnie wiadomem, że przy warunkach wiatrowych i termicznych, na stoku dowietrznym mamy mniejsze lub większe połacie miejsc „noszących“, ale i dość duże połacie miejsc, w których szybowiec opada. Właściwości „noszenia“ względnie „duszenia“ są przywiązane do danych obszarów przez kilkanaście minut a nawet i więcej. Tymczasem w nocnych lotach mamy tylko jednostajne wznoszenia lub opadania.

Najbardziej interesującem podczas nocnych lotów jest zjawisko pułapu prądów wznoszących. Po starcie, szybowiec regularnie choć powoli wznosi się, szybkości wznoszenia z wysokością maleją i po osiągnięciu wysokości 150 do 300 *m* nad start (zależnie od dnia i typu szybowca), utrzymuje się bez trudu długi czas na tym pułapie. Po 2—3 godzinach pojawia się stałe choć nikłe opadanie. Barogramkę jednego z nocnych lotów, zestawioną dla porównania z trzema innemi o charakterze odmiennym, mamy na ryc. 1.



Ryc. 2.
Mapa szybowiska w Bezmiechowej. A, B, C, D, E = tereny szybowcowe. U, V, X, Y, Z = baseny morfologiczne, z których spływają do doliny Bezmiechowej, wieczorem i nocą zimne masy powietrza. Granice lasu zaznaczono kółkami, sam las ciemną barwą.

Pomiary.

Celem zbadania zjawiska dającego tak specyficzne warunki lotów, rozpocząłem w Bezmiechowej dnia 2. X. 1934 z ramienia I. T. S. i In-

stytutu Geofizyki U. J. K. we Lwowie, serję pomiarów orjentacyjnych.

Zainstalowano przedewszystkiem 2 stałe punkty obserwacyjne. Jeden w nieznacznej ondulacji jaką tworzy linją grzbietowa Słonnego („dysza"), w punkcie I (ryc. 2), a drugi na dnie doliny Bezmiechowej, na lotnisku, w punkcie II (ryc. 2). Odległość obu punktów wynosiła 1600 *m*, różnica wysokości 227 *m*. W 5 różnych dniach, a w 4 serjach o długości 5, 4, 31 i 7 godzin, w punktach tych obserwowano bez przerwy, co 15 minut, szereg elementów meteorologicznych. W czasie tych obserwacyj zrobiono jednocześnie 8 przekrojów pomiarowych, wzdłuż drogi wiodącej terenem zupełnie otwartym (droga I—II prowadząca z terenu *C* przez *B* i *A* na lotnisko, patrz ryc. 2), oraz ścieżką w lesie, wiodącą z lotniska na grzbiet między terenem *C* i *D* (ścieżka II—III, patrz ryc. 2). Ścieżka idzie równolegle do granicy lasu, w odległości ok. 300 *m* od brzegu. Wreszcie na szybowcach latających w nocy zainstalowano barograf o skali 1.000 *m* i termograf, celem stwierdzenia temperatury nad grzbietem.

Mimo bardzo interesujących wyników wszystkich tych pomiarów, ograniczam się, dla braku miejsca, do podania najważniejszych tylko rzeczy.

Spływ zimnych mas.

Pod noc powstaje w Bezmiechowej prawie stale, we wszystkich porach roku, t. zw. bryza górska (franc. „brise des montagnes", niem. „Bergwind"). Od trzech lat miałem możność obserwować w Bezmiechowej na wiosnę, latem i w jesieni, przy rozmaitych stanach pogody, przy ciszy i przy wietrze *SW* powyżej 10 *m* na *sek* na szczycie Słonnego, dość silny, chłodny wiatr *NE* na lotnisku (punkt II, ryc. 2). Wiatr z kierunku *N* kończy się raz już na wysokości terenu *A*, w innych warunkach aż u podnóża *C*. Towarzyszy temu zawsze znaczne ocieplenie, dające się wybitnie odczuć fizjologicznie. Jeszcze w 1932 r. z pomocą obserwatora z Gł. Wojsk. Stacji Meteorologicznej, stwierdziłem systematycznie przez szereg dni, że ów zimny wiatr *N* panuje nietylko na lotnisku, ale że obserwuje się go także daleko w dolinie, w głębi wsi, o 1 *km* na *W* od dworu. Ów chłodny wiatr *N* pojawia się nietylko w okresach pięknej pogody wyżowej, jak to opisuje szereg autorów (1, 2, 3, 8, 12), lecz także przy silnym wietrze górnym, dużem zachmurzeniu i sytuacjach niżowych. Najłatwiej zaobserwować go pod wieczór, ale istnieje też i nocą a nieraz trwa jeszcze i po wschodzie słońca.

Mamy tu do czynienia ze znanem w krajach wysokogórskich zjawiskiem. Wyżej wzniesione części grzbietów wypromieniowywują po zachodzie słońca bardzo intensywnie ciepło, jakie otrzymały za dnia. Tworzy się więc przy nich mniej lub więcej gruba warstwa powietrza zimnego, które jako cięższe od otoczenia zaczyna spływać w dół, w doliny. W spływie tym powietrze kieruje się zupełnie tak samo jak woda wszelkiemi zagłębieniami terenu, starając się zająć jaknajniższe położenie. Szybkości spływu są stosunkowo dość wielkie. W Bezmiechowej np. średnia szybkość wiatru spływowego z 5 różnych dni wynosi na lotnisku 1,6 *m* na *sek*, maksymalne wartości od 2,5 do 3,5 *m* na *sek*. Maksymalne szybkości bryzy górskiej w dolinach alpejskich i szybkości zimnego powietrza spływającego z nad lodowców („Gletscherwind") wynoszą według E k h a r t' a (24) 3,0 *m* na *sek*. Zjawisko „kaskad" zimnego powietrza z nad lodowców różni się wprawdzie nieco od bryzy, gdyż istnieje ono i w dzień, jednakże przyczyna i mechanizm spływu są te same. B a r s c h a l l (12) w Wogezach, w sytuacji terenowej bardzo podobnej do Bezmiechowej, jednakże o głębokości doliny ok. 800 *m*, mierzył bryzę górską o sile 2 do 3, a maksymalnie 5 *m* na *sek*. Analogja spływu zimnych mas powietrza do wody jest zupełna, gdyż wymienione szybkości są szybkościami wartko płynącej wody [2]).

Nocny spływ mas jest zjawiskiem rzadko stosunkowo opisanem i mało znanem. W bardzo nielicznych wypadkach można znaleść dane co do siły wiatru spływowego, temperatur niesionych przez ten wiatr, okresów trwania tego spływu i t. p. (12, 23, 24). Zazwyczaj autorzy ograniczają się tylko do podania kierunku wiatru. Tłumaczy się to tem, że całą uwagę skierowano przedewszystkiem na bryzę dolinną t. j. na regularny, silny wiatr wiejący za dnia z doliny ku szczytom górskim i na dyskusję jaka się toczyła i toczy między zwolennikami teorji H a n n'a (3, 6, 7, 9, 10, 13) odnośnie do powstawania tych obu wiatrów górskich (wznoszenie się i opadanie powierzchni izobarycznych w dolinie) oraz zwolennikami teorji F o u r n e t'a - W e n g e r'a (różnice nagrzania stoków a dna doliny, 1, 12, 14, 18, 19). Obecnie toczy się spór, czy bryza górska obserwowana w Alpach (za wyjątkiem wypadków specjalnych jak np. Gletscherwind), Tyrolu, Himalajach i t. d., jest wiatrem wybitnie spływowym przywiązanym do stoków i powstałym na skutek wypromieniowania, czy też jest wiatrem gradjentowym, t. zn. powstałym z różnicy ciśnień, jaka panuje na jednym poziomie między środkiem doliny a jej stokami (17, 18, 19, 20, 21, 22, 24).

Klasyczny i do dziś dnia źródłowy opis zjawiska bryzy podał F o u r n e t (1). Opisuje je również obszernie w swojej klimatologji Alp francuskich B é n é v e n t (4), i szereg autorów (2, 3, 8, 11, 15, 23).

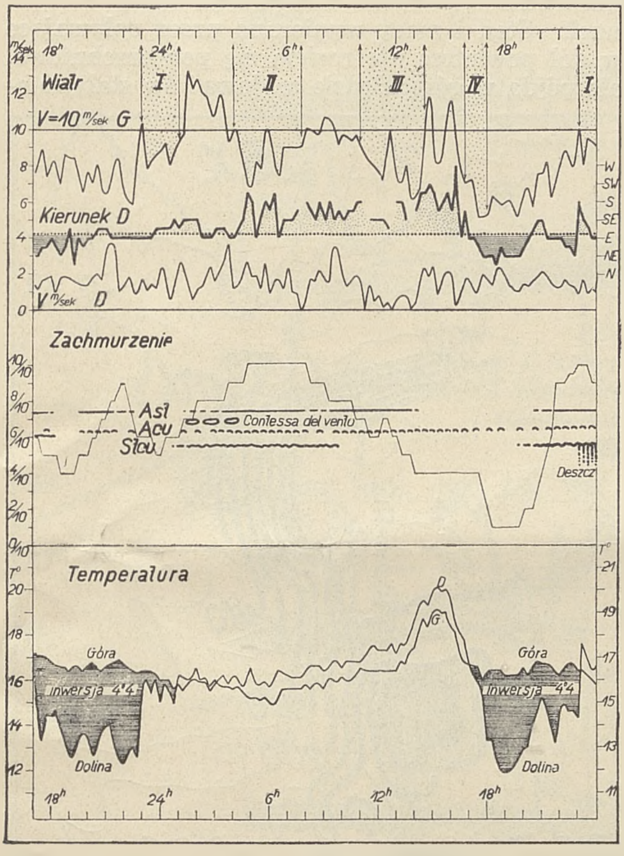
W dolnej części ryc. 3 mamy krzywe temperatury z okresu 31 godzin z 4. X. i 5. X. 1934 r. z Bezmiechowej. Widzimy rzecz charakterystyczną. Około godz. 17 w dolinę zaczynają się zlewać masy powietrza zimnego, powodując na różnicy wysokości 227 *m*, aż 4°4 inwersji. Inwersja

---

[2]) W hydrologji (J. L e w a k o w s k i: Skorowidz polowy. Terenoznawstwo i kartografja wojskowa, Warszawa 1920) mamy następujące klasyfikacje szybkości płynącej wody:

m na *sek*	prąd
0,3	leniwy,
0, 3—1, 0	wolny,
1, 0—1, 5	średni,
1, 5—2, 0	szybki,
2, 0—3, 0	bardzo szybki,
3,0	rwący.

ta kończy się tak 4 jak i 5. X. dokładnie o tej samej porze, a mianowicie około godz. 23. Od godz. 24 do godz. 16 mamy normalny układ temperatur t. zn. że w dolinie jest cieplej niż na szczycie. Analogiczne inwersje i w tych samych godzinach mierzyłem jeszcze 2. X., 3. X. i 9. X. 1934 r. Wartość inwersyj w tych wypadkach wynosiła 4°6, 3°6, 2°5. Można więc przyjąć, że normalnie mamy w Bezmiechowej wieczorem aż 4°5 inwersji. Okolice Bezmiechowej mają charakter tak łagodny i spokojny, a podłoże terenu tak jednostajne w stosunku np. do Alp, że wartość 4°5 zdaje się być bardzo duża. Świadczy to, że spływ jest bardzo intensywny i że spływające masy różnią się fizykalnie bardzo znacznie od mas otaczających.

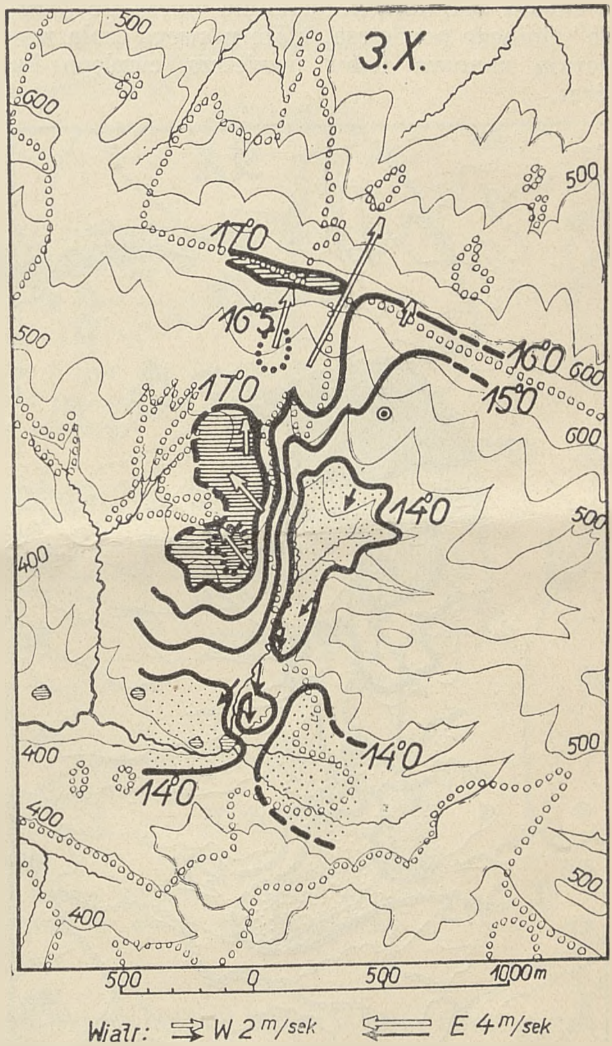


Ryc. 3.

Przebieg dzienny elementów meteorologicznych w dniu 4. i 5. X. 1934, w Bezmiechowej. Obserwacje co 15 minut. V_G = siła wiatru na górze, w pkcie I ryc. 2. Średnie z 50 sek. Kierunek D = kierunek wiatru w dolinie, na lotnisku. V_D = siła wiatru w dolinie, na lotnisku, w pkcie II ryc. 2. Średnie z 50 sek. Zachmurzenie w dziesiętnych całkowitego pokrycia nieba. Rodzaje chmur według kolejnych pięter wysokościowych. Temperatura D = w dolinie, na lotnisku, w pkcie II. G = na górze, w pkcie I.

Na ryc. 4 i 5 widać wyraźnie spływ w kierunkach wiatru i w inwersyjnym rozkładzie temperatur. Dno doliny zalewają spływające ze stoków masy zimne, podczas gdy na szczycie grzbietu mamy ciepły wiatr *S* czy *SW*. Bardzo charakterystycznem jest, że inwersja i wiatr *N* sięgają przy silnym (do 13 *m* na *sek*) wietrze *SW* do wysokości terenu *A*, przy bardzo zaś słabym wietrze na szczycie góry aż do podnóża *C*. Równie dobrze widać ten spływ na ryc. 7 i 8, które są przekrojami pionowemi ryc. 4 i 5, wzdłuż drogi I—II, oraz ścieżki II—III.

Ryc. 6 i 9 przedstawiają wręcz przeciwny rozkład temperatur aniżeli podczas wieczornego spływu, a mianowicie rozkład w okresie maximum dziennego temperatury. W dolinie i na otwartych polach, jest — jak widzimy — ciepło; na szczycie i w lesie jest chłodno. Porównując ryc. 6 i 9 z poprzedniemi, łatwo zrozumieć w jak dużym stopniu zjawisko wieczornego spływu mas burzy normalny układ atmosfery. Jasnem jest, że tak znaczne co do nasilenia zjawisko, daje i specjalne warunki lotu.



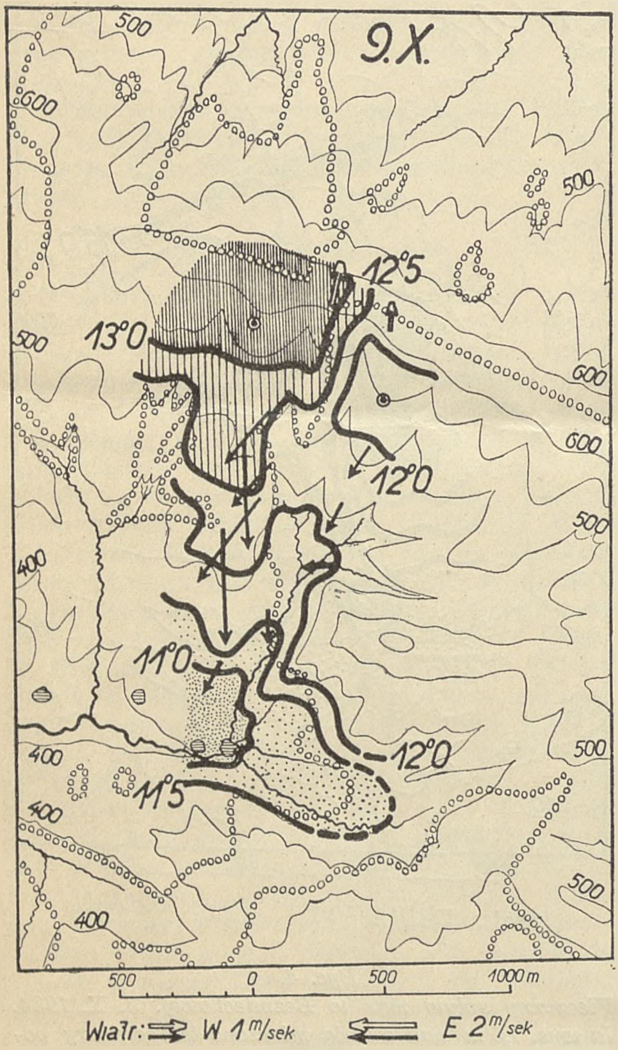
Ryc. 4.

Wieczorny spływ mas w Bezmiechowej. 3. X. 1934. Na wys. 1,5 m nad ziemią mierzono temperatury powietrza, a na wys. 2,0 m siłę i kierunek wiatru. Kółka oznaczają ciszę. Podwójnemi strzałkami zaznaczono ciepłe wiatry, pojedynczemi zimne. Z ryc. widać, że na grzbiecie A—B—C mamy ciepły i dość silny wiatr S. Z basenu lasu zlewa się w dolinę wielka partja zimnego powietrza, spływającego spokojnie ze stoków. Dolinę zalewa „morze zimna". Punkty A i B jako wyższe, wystają z tego „morza zimna" jak wyspy. Na stoku, na wys. ½ C, powietrze zaczyna się oziębiać, by następnie spłynąć w dół.

Spływ zimnych mas źródłem prądów wstępujących.

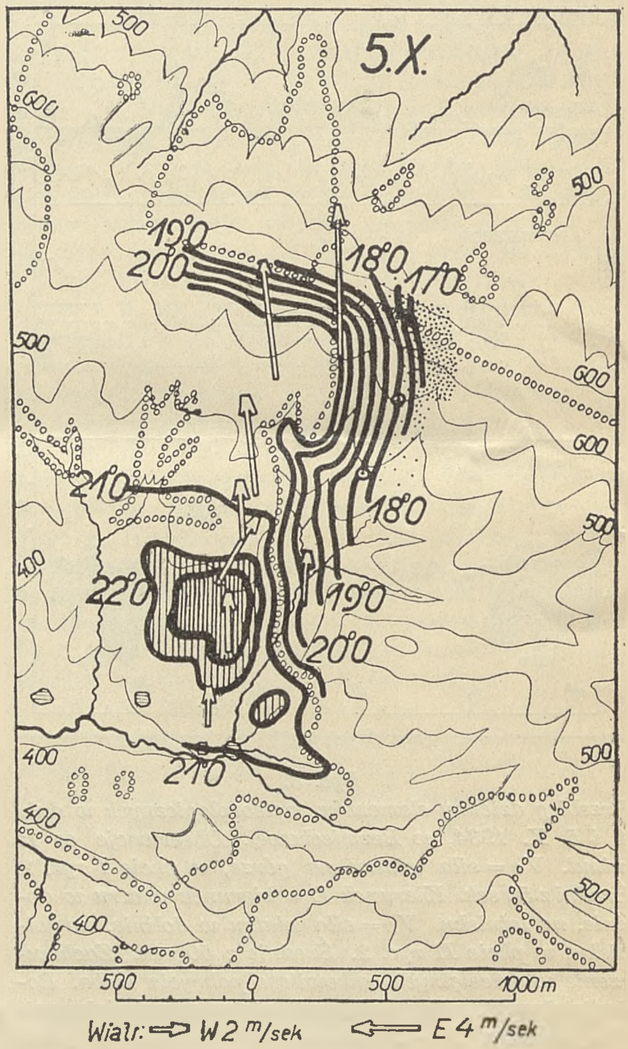
Spływ zimnych mas w dolinę musi wywołać odpowiedni prąd kompensacyjny ku górze (ryc. 10). Powietrze jest wypierane w górę z dwu powodów. Jak widać z ryc. 2, w dolinę Bezmiechowej spływa powietrze z północy ze stoków *U* i z basenu *V*, ze wschodu z basenu *X*, a z południa ze stoków *Y* i z basenu *Z*. W dolinie powstaje więc zbieżność poziomych linij prądów (por. pełne strzałki na ryc. 11), zetknięcie się mas powietrza spływających z rozmaitych kierunków i spiętrzenie się tych mas. W rezultacie nad doliną mamy stałe wypieranie powietrza w górę, tak, jak to widzimy na ryc. 10. Ponadto ze stoków spływają bezustannie olbrzymie „krople" zimnego powietrza, które u swego czoła wypierają znaczne ilości powietrza ciepłego ku górze.

Jak widać z ryc. 2 i ryc. 11, w część doliny Bezmiechowej w bezpośredniej okolicy szybowiska, spływa powietrze z *N*, *E* i *S*, a odpływa w jedną tylko stronę gardzielą *G*, na *W*. Spływ ten jest przytem stały, t. zn., że gdy zimne powietrze ze stoków spłynęło już całkowicie w dolinę, na stokach utworzy się w międzyczasie nowa masa zimna, która zaczyna spływać. Stały spływ mas i to z wielu basenów, daje ów spokojny i niczem niezaburzony prąd wyrównawczy ku górze. Śmiało można przypuścić, że zjawisko spływu nie jest ograniczone do kilku *km* w okolicy szybowiska. Regularne i proste pasmo Słonnego o długości ok. 15 *km*, ma wszędzie ten sam charakter morfologiczny i na całej swej długości będzie miało spływ mas, jak to zresztą można doskonale stwierdzić obserwując dymy w dolinach. Stąd i masy wypierane przez spływające w dół powietrze nie rozleją się powierzchniowo, ale pójdą w górę. Będzie to dawać ów stały, nie-



Ryc. 5.

Wieczorny spływ mas w Bezmiechowej, 9. X. 1934. Przy ciszy, względnie bardzo słabym wietrze S na szczycie wzgórza C, już na terenie B obserwuje się silny stosunkowo wiatr N. Wyniosłości A i B wystają z zimnych mas zalewających całą niemal dolinę. W największem zagłębieniu, na lotnisku, mamy najzimniejsze powietrze, odpływające dalej doliną w dół. Na stoku w lesie, na wys. C, oziębia się nowa masa powietrza, która następnie spłynie w dolinę.



Ryc. 6.

Zwyczajny układ temperatur, około maximum dziennego temperatury, w Bezmiechowej, 5. X, 1934. Najlepiej eksponowane na słońce stoki terenu A, są najcieplejsze. Mniejwięcej płaski i na jednym poziomie się utrzymujący teren od A do podnóża C, ma jednostajną temperaturę. Na zboczu C, ze zwiększającą się wysokością, obniża się i temperatura. Las jest wybitnie chłodny.

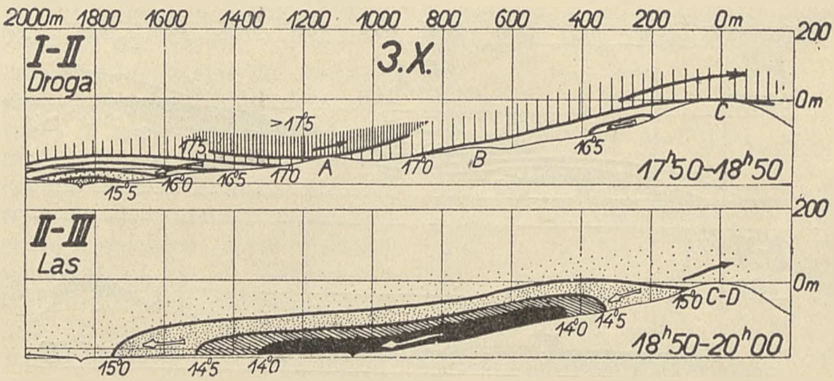
zwykle spokojny i regularny ruch powietrza ku górze, przy którym wzdłuż kilku *km* długości grzbietu nie obserwuje się zupełnie prądów opadających. Wypieranie powietrza w górę kończy się z chwilą ustania spływu, około godz. 23. O tym czasie kończą się też warunki do nocnych lotów.

Ujmijmy ogół zjawisk tyczących spływu mas i nocnych lotów.

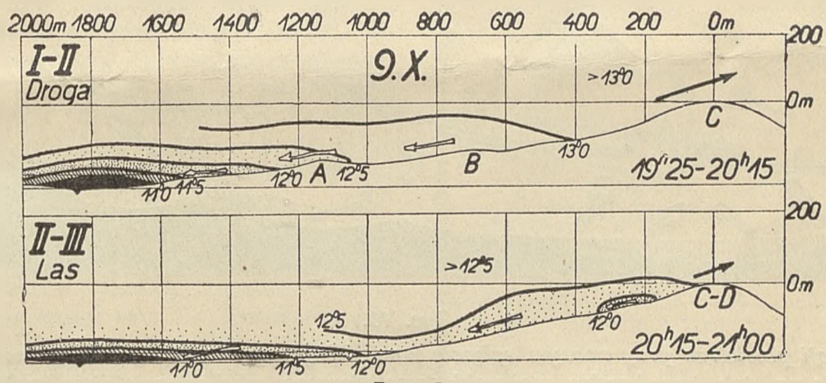
1-o. Zjawisko spływu mas, mimo że jest bardzo częste, nie jest jednak zjawiskiem stałem. Występuje ono tylko przy pewnych specjalnych stanach pogody. Należy na to zwrócić uwagę przy przewidywaniu nocnych lotów.

rania mas, a częściowo są prądami stokowemi. Są one mimo wszystko bardzo spokojne i stałe, gdyż: *a)* ślizgają się po „poduszce" powietrza zimnego zalegającego dolinę, a wskutek tego zmniejszają się przeszkody mechaniczne i wpływy termiczne dające turbulencję wiatru, *b)* mają spokojne i równe przedpole, w postaci gładkiej powierzchni mas inwersyjnych w dolinie.

4-o. Nie można mówić przy nocnych lotach o wieczornej termice lasu, gdyż w okresie wieczornego spływu mas las jest chłodniejszy od terenu niepokrytego. W punkcie I (ryc. 2) w dyszy terenowej, temperatura na wys. 2 *m* nad ziemią jest przy silnym nawet wietrze o $0^{0}3$ do



Ryc. 7.
Przekroje pionowe ryc. 4. Z basenu lasu V (por. ryc. 2) spływa w dolinę regularny język zimnego powietrza. Na ryc. podano godziny, w czasie których robiono pomiary.



Ryc. 8.
Przekroje pionowe ryc. 5. Pod C — D tworzy się nowa „kropla" zimnego powietrza. Na ryc. podano godziny, w czasie których robiono pomiary.

2-o. Prądy wstępujące, na których odbywają się nocne loty pochodzą wtedy tylko z czystego wypierania mas z doliny przez zlewające się tam powietrze zimne, gdy spływ ten odbywa się w spokojnem powietrzu. Następuje to zwykle po dłuższym okresie zachmurzenia i silnych wiatrów. Takie warunki były 20 i 21. IX. 1934, kiedy na grzbiecie *C* obserwowano przez cały dzień bardzo słaby wiatr *SW*. Inwersję i wiatr *N* obserwuje się wtedy już od wysokości *B*, t. zn. do wysokości 520 *m* nad poziom morza.

3-o. Przy silniejszym (6—10 *m* na *sek*) wietrze *S—SW* na szczycie *C*, inwersja zalewa dolinę tylko do wysokości $^1/_2$—$^3/_4$ *A*, t. zn. do wys. 460 *m* n. p. m. i wtedy użyteczne do żaglowania prądy wstępujące pochodzą częściowo z wypie-

$0^{0}8$ wyższa, aniżeli 200 *m* w głębi lasów położonych na *NW* i *SE* od dyszy. A las położony na *SE* od szybowiska jest bardzo gęsto podszyty wysokiemi krzewami tak, że teoretycznie miałby być doskonałym rezerwoarem ciepła. Prawdopodobnie jednak jesienią i wiosną, kiedy niema tak znacznej insolacji za dnia, las akumuluje stosunkowo mało ciepła, oddając je następnie bardzo szybko tuż po zachodzie słońca. Latem, przypuszczalnie, termika wieczorna będzie.

5-o. Opisywany w literaturze spływ mas zimnych w wysokich górach, miałby trwać od zachodu do wschodu słońca. Tymczasem w Bezmiechowej pomiarowo zdołano stwierdzić tylko spływ wieczorny. Istnieją jednak i w Bezmiechowej okresy zupełnie bezwietrznej i bezchmur-

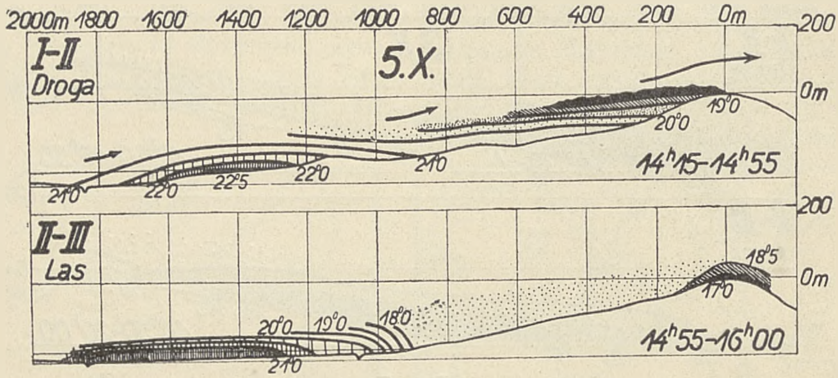
nej pogody, w których można obserwować w dymach dolinnych długo jeszcze po wschodzie słońca, stały i silny spływ mas. Jest to dość częsty wypadek, wymaga jednak specjalnych warunków pogodowych, i przy przewidywaniu warunków nocnych lotów nie należy nań zbytnio liczyć.

To, że w Bezmiechowej spływ mas kończy się już o godz. 23, jest wywołane silnym wzrostem szybkości wiatru górnego, jaki obserwuje się tam niemal stale około godz. 22—23 w nocy. Silny wiatr wywiewa z doliny „morze zimna" i nie pozwala na dalszy spływ ze stoków.

Szybkości wznoszenia przy spływie mas.

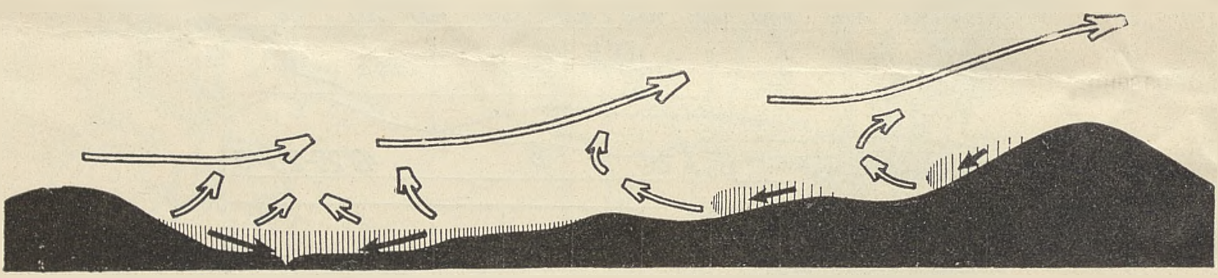
Obserwowane podczas nocnych lotów na wariometrach pokładowych szybkości wznoszenia, wynoszą +0,1, +0,2 a wyjątkowo +0,5 *m* na *sek*. Ponieważ do lotów tych używano szybowca *Komara* mającego szybkość opadania 0,73 *m* na *sek* i *SG 28* o szybkości opadania 0,65 *m* na *sek*, prąd wznoszący musiałby więc mieć +0,8, +0,9 a conajmniej +0,7 *m* na *sek*[3]).

Spróbujmy obliczyć z jaką szybkością będą się wznosiły wypierane z doliny ku górze przez spływ masy powietrza.



Ryc. 9.

Przekroje pionowe ryc. 6. Korzystnie położone w stosunku do stanowiska słońca stoki terenu A, są najcieplejsze. Na ryc. podano godziny, w czasie których robiono pomiary.



Ryc. 10.

Schemat cyrkulacji powietrza przy nocnym spływie mas. Silny nawet wiatr górny, mimo że jest zmuszony do wznoszenia się na stok, ma bardzo małą składową pionową, gdyż nocą istnieje tendencja do opadania całych mas w dół. Wypieranie zimnego powietrza na stokach, przez spływające rytmicznie „krople" zimnego powietrza, oraz wypieranie ciepłego powietrza nad doliną przez zlewanie się tych „kropli", daje bardzo stałą choć nieznaczną składową pionową wystarczającą do wznoszenia się szybowca.

Idzie to również ze wrostem zachmurzenia. Maximum dobowe zachmurzenia wypada w Bezmiechowej, nie jak to mamy normalnie w innych stacjach (nawet górskich) w południe, ale ok. godz. 22—24 w nocy. Pokrywa chmur nie pozwala więc na wypromieniowywanie ciepła i oziębianie się mas na stokach. Owo nocne maximum zachmurzenia jest również charakterystyczną cechą okolic Bezmiechowej. Opisywano je wprawdzie w literaturze dla niektórych rejonów, jednakże jest ono zazwyczaj daleko niższe od maximum południowego. W Anglji, w dniach zajętych przez masy polarne, nocne maximum zachmurzenia występuje wprawdzie jako główne (5), towarzyszy mu jednak i znaczne maximum południowe, czego nie widać w Bezmiechowej.

Trzeba tu ustalić szereg faktów, które posłużą nam później do obliczeń. Zestawmy je:

[3]) Większość pilotów szybowcowych będzie z pewnością zaskoczona podanemi tu wartościami szybkości opadania (według I. T. S.). Na podstawie bowiem doświadczeń pilotów przyjmowało się, że *Komar* ma mniejszą szybkość opadania niż *SG 28* czy *SG 21*. Opierano się na tem, że za dnia, w lekkich warunkach wiatrowych a zwłaszcza w termice, pułap wysokościowy *Komara* jest wyższy aniżeli pułap *SG*. Tymczasem podczas nocnych lotów w Bezmiechowej, pułap wysokościowy *Komara* był zupełnie stale i systematycznie niższy od pułapu *SG*. Było to tembardziej dziwne, że na *Komarze* latał stale P. Mynarski. Interesująca ta sprawa mimo licznych dyskusyj i prób wyjaśnienia jej, była naturalnie ciągle zagadką, dopóki przyjmowało się jako rzecz niewątpliwą, że *Komar* ma mniejszą szybkość opadania niż *SG 28*. Okazało się tymczasem, że jest odwrotnie i że w lotach

1. Z pomiarów wynika, że jeżeli w górnych warstwach powietrza, na wysokości szczytu *C*, panuje zupełna cisza lub bardzo słaby tylko wiatr, to wiatr spływowy z kierunku *N* oraz inwersja zaczynają się już od podnóża stoku *C*, czyli od warstwicy 520 *m* nad poziom morza. Wszystkie zagłębienia terenu poniżej 520 *m* n. p. m. zalane są masami zimnemi. Przykład takiego stanu mamy na ryc. 5.

2. Jeżeli w górnych warstwach powietrza wieje dość silny wiatr *S—SW*, to spływowy wiatr *N* i inwersję obserwuje się dopiero od wysokości terenu *A* czyli od warstwicy 460 *m* n. p. m. Zimne masy zalewają dolinę w daleko płytszej warstwie, aniżeli w poprzednim wypadku. Przykład takiego stanu mamy na ryc. 4.

3. Szybkość wiatru spływowego na lotnisku wynosi średnio 1,6 *m* na *sek* [4]). Na lotnisku zlewają się jednak masy z kilku basenów, tak że w punkcie II jesteśmy w najszybszym nurcie spływającego powietrza. Chcąc obliczyć szybkości spływania mas zimnych, musimy wziąć pod uwagę okresy oziębień i ociepleń, jakie widzimy w krzywej temperatury *D* na ryc. 3. Według obserwacyj z 3 różnych dni, spływ powietrza zimnego trwa przeciętnie 70 min., a następujące po niem względne ocieplenie 86 min. Jest to najzupełniej zgodne z obserwacjami E k h a r t'a (24). Z ryc. podanej przez niego wypada, że wiatr spływowy ma minima szybkości co 81 min. a maxima co 69 min. (4 serje obs.), oraz że okresy oziębień temperatury zachodzą co 90 min., a następujące po nich ocieplenia co 75 min.

Ponieważ w Bezmiechowej długość drogi, jaką musi przebyć powietrze spływające z rozmaitych basenów (*U*, *V*, *X*, *Y*, *Z*, ryc. 2) na lotnisko wynosi około 2 *km*, a okres spływu od 70 do 86 min., to przeciętna szybkość spływu wynosi tylko 0,38—0,48 *m* na *sek*. Szybkość wiatru *SW* w dyszy wynosi zaś średnio 7,6 *m* na *sek*.

4. Dla uproszczenia obliczeń, będziemy rozważać masy powietrza zawarte w bloku, którego podstawa ma wymiary i kształt trapezoidu wrysowanego w górnej części ryc. 11. Trapezoid jest wycinkiem doliny mającym wszelkie cechy charakterystyczne całej doliny. Wycinek jest zamknięty od *N* i *S* linjami grzbietowemi, a wewnątrz ma gardziel odpływową (*G* na ryc. 11) oraz liczne baseny spływowe.

Jeżeli w trapezoidzie tym splanimetrujemy powierzchnie objęte przez każdą warstwicę 20-metrową, to łatwo obliczyć, jaką objętość zajmuje w tym trapezoidzie teren a jaką powietrze.

termicznych i wiatrowo-termicznych decyduje przedewszystkiem zwrotność szybowca. Gdy jednak „nosi" na bardzo dużych przestrzeniach, tak jak w wypadku nocnych lotów, mający mniejszą szybkość opadania *SG 28*, osiąga większą wysokość, aniżeli zwrotny *Komar*.

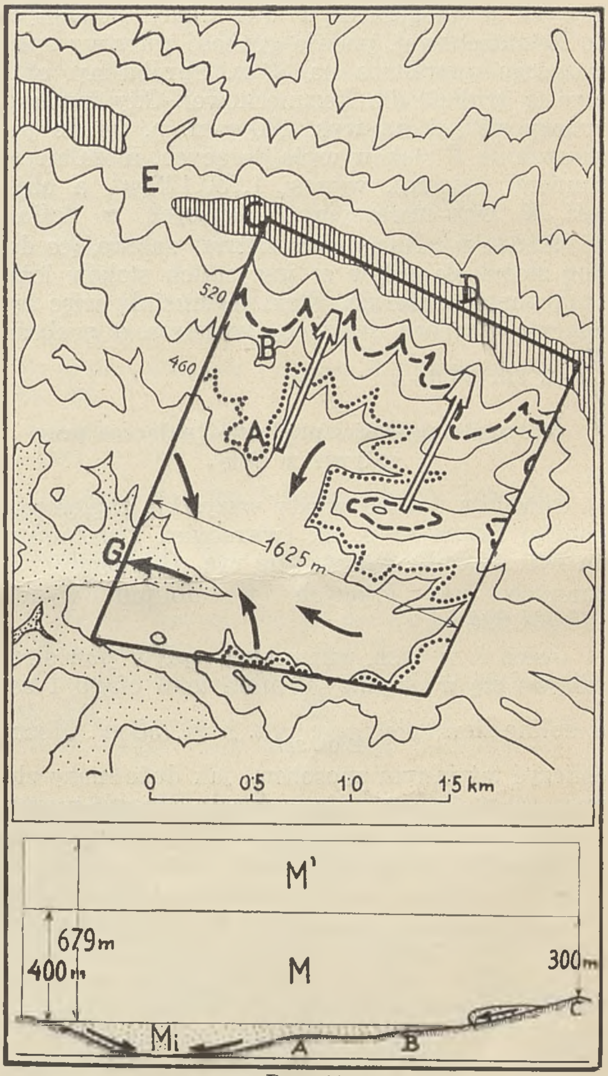
[4]) Średnie szybkości wiatru podczas godzin spływu i inwersji:

Data	Lotnisko (pkt. II) Kier.	Szybk. *m* na sek.		Szczyt (pkt. I) Kier.	Szybk. *m* na sek.	
2. X. 34	*N*, *NE*, *E*	1,3	śr. 1,6	*S*, *SW*	6,3	śr. 7,6
3. X. 34	„	1,6		„	9,5	
4. X. 34	„	1,8		„	7,6	
5. X. 34	„	1,6		„	6,9	
9. X. 34	„	1,1		zmienny	1,0	

W dalszym ciągu będę podawał powierzchnie w jednostkach m^2, objętości w jednostkach m^3.

Obliczenie szybkości prądu wstępującego dla spływu przy umiarkowanym wietrze.

Zimne masy powietrza zalewają wtedy dolinę tylko do wysokości 460 *m* n. p. m. (warstwica kropkowana na ryc. 11). Objętość M_i powietrza zimnego zalegającego wycinek doliny trapezoidu ryc. 11, wynosi 35,892.024 m^3. Masy zimne spływają — jak to wykazaliśmy poprzednio — w ciągu 70 min. t. zn. 4.200 *sek*. W ciągu 1 *sek* masy zimne wypierają więc $\frac{M_i}{4200_{sek}} = 8.546\ m^3$.



Ryc. 11.

U góry: mapka okolic Bezmiechowej. A, B, C, D, E = tereny szybowcowe, G = gardziel, którą odpływają zlewające się z basenów zimne masy powietrza. Masy te zaznaczono czarnemi strzałkami. Widać, że powietrze dąży dołem do doliny z N, E i S. Powoduje to spiętrzenie się mas w środku doliny. Silny, południowo-zachodni wiatr górny, zaznaczono podwójnemi strzałkami.

Nad masami zimnemi płynie jednak na szerokości 1.625 *m* wiatr, o którym załóżmy, że jest zupełnie poziomy i że ma szybkość taką, jaką obserwujemy średnio na szczycie *C* (7,6 *m* na *sek*). W rzeczywistości będzie to wiatr słabszy, ale mający pewną składową wstępującą.

Na pas o długości 1.625 *m* a szerokości 7,6 *m* wchodzi w każdej sekundzie od dołu 8.546 m^3, czyli na każdy prostokąt tego pasa o wymiarach 1,0 $m \times 7,6$ *m* wchodzi 5,26 m^3. Jest to nadmiar powietrza wypierany z doliny przez masy inwersyjne. Prostokąt 1,0 $m \times 7,6$ *m* podniesie się więc w ciągu 1 *sek* o $\frac{5,26\,m^3}{7,6\,m^2}$ t. zn. 0,69 *m*. Jest to wartość prądu wstępującego. Jest ona zupełnie analogiczna do wartości obserwowanych w nocnych lotach.

Grubość warstwy spływającego zimnego powietrza.

Barschall (12) na podstawie sondaży balonowych w Wogezach, w warunkach podobnych do Bezmiechowej, podaje grubość warstwy spływającego powietrza na 30 *m*. Spróbujmy obliczyć tę grubość dla Bezmiechowej. Gdy inwersja kończy się już na wys. 460 *m* n. p. m., to powierzchnia *P* stoków wyżej leżących, niezalanych zimnemi masami, wynosi 1,759.128 m^2, a objętość M_i mas inwersyjnych, leżących w dolinie 35,892.024 m^3. Na „morze zimna" zalewające dolinę złożył się spływ ze wszystkich stoków leżących ponad inwersją. Stoki te musiały więc być pokryte warstwą zimnego powietrza o grubości $\frac{M_i}{P}$ t. zn. 20 *m*.

Obliczenie szybkości prądu wstępującego przy spływie w ciszy.

Inwersja zalewa wtedy wszystkie zagłębienia poniżej 520 *m* n. p. m. (warstwica kreskowana na ryc. 11). W trapezoidzie ryc. 11, objętość M_i zimnych mas leżących w dolinie wynosi 175,364.624 m^3.

Jeżeli i w tych warunkach spływ powietrza odbywa się w okresie 70 min., to w ciągu 1 *sek* w dolinę zlewa się $\frac{M_i}{4200\,sek}$ t. j. 41.753 m^3. Można obliczyć też innym sposobem, jak duże masy zlewają się w dolinę w ciągu 1 *sek*. Długość wzgórz z których odbywa się spływ wynosi przy obliczeniu zakrętów warstwicy 520 *m* n. p. m., 6.000 *m*, a przy mierzeniu linjami prostemi 4.200 *m*, czyli średnio 5.100 *m*. Na całej tej linji spływa w dół zimna masa powietrza o wys. 20 *m*. Przy szybkości spływu 1 *m* na *sek*, spłynęłoby w 1 *sek* $5.100\,m \times 20\,m \times 1\,m$ t. zn. 102.000 m^3. Jednakże masy spływają jak wiemy nie z szybkością 1 *m* na *sek*, lecz z szybkością 0,38—0,48 *m* na *sek*, średnio 0,43 *m* na *sek*. W ciągu 1 *sek* spływa więc tylko 43.860 m^3. Jest to wartość zupełnie zgodna z poprzednią. Można nadto łatwo okazać, że tvle samo powietrza ile zlewa się w dolinę, wypływa gardzielą dolinną na zachód. Gardziel ta (*G* na ryc. 11) ma ok. 500 *m* szerokości, a głębokość „rzeki" zimnego powietrza, która wypływa tą gardzielą, wynosi ok. 50 *m*. Przy szybkości przepływu 1 *m* na *sek*, wypłynie w 1 *sek* $500\,m \times 50\,m \times 1\,m$ t. j. 25.000 m^3; z pomiarów wynika jednakże, że szybkość przepływu w okolicy gardzieli wynosi 1,6 *m* na *sek*. Przy tej szybkości gardziel przepuszcza w 1 *sek* 40.000 m^3, a więc dokładnie tyle samo, ile jednocześnie spływa ze stoków w dolinę. Znaczyłoby to, że dolina nie może się napełniać bez końca zimnemi masami, ale że napełnia się tylko do pewnego poziomu a następnie reguluje ten poziom odpływem.

Z drugiej strony, najbardziej uderzającem w nocnych lotach jest zjawisko regularnego podnoszenia się i opadania pułapu prądów wstępujących. Pułap powoli ale stale podnosi się, osiąga maximum a następnie obniża się. Widocznie więc spływające bezustannie w dolinę, coraz to nowe masy powietrza, sumują swe skutki i oddziaływują w rezultacie na coraz to wyższe warstwy powietrza nad sobą. Można więc przyjąć, że wszystkie masy zimnego powietrza jakie spływają w dolinę podczas wieczornej i nocnej inwersji, wpływają na wartość prądów wstępujących i na ich pułap. Najwyższy pułap osiągnięty przez szybowce w nocnych lotach wynosił ok. 300 *m* nad poziom startu *C*. Inwersja kończy się w ciszy dopiero na wys. 520 *m* n. p. m. Przyjrzyjmy się dolnej części ryc. 11. Do wys. 520 *m* n. p. m. leżą masy inwersyjne M_i; nad niemi zaś do wys. 300 *m* nad poziom startu leży powietrze *M*, o objętości 1.390,534.512 m^3. Wysokość tego bloku powietrza nad inwersją wynosi 400 *m*.

Do objętości *M* dochodzi w 1 sek 42.000 m^3, a w ciągu 6 godzin trwania wieczornego i nocnego spływu (pocz. o godz. 17, koniec o godz. 23) masa *M'*, wynosząca 907,200.000 m^3. $M+M'$ rozkłada się na powierzchnię *P*, trapezoidu ryc. 11. Powierzchnia *P* wynosi 3,386.040 m^2. Wysokość bloku powietrza o objętości $M+M'$ a podstawie *P*, wynosi 679 *m*. Znaczy to, że spływ podniósł każdą jednostkę w kolumnie powietrza grubej na 400 *m*, o $\frac{270}{400} = 0,7$ jej pierwotnej wysokości. Jeżeli pierwotnie panował nad doliną w kierunku pionowym spokój ($V_v = 0\,m$ na *sek*), to teraz będziemy mieli prąd wstępujący o sile 0,7 *m* na *sek*. Wartość ta zgadza się dokładnie z wartościami zaobserwowanemi podczas nocnych lotów.

Spływ mas a loty długoczasowe.

Nocne wypieranie mas ciepłych z doliny pozwala na systematyczne szkolenie pilotów szybowcowych w nocnych lotach, jako rzeczy koniecznej przy przedłużających się do wieczora przelotach frontowych, termicznych czy terenowych; w razie ewentualności ustanowienia nowego rekordu długotrwałości lotu przy zboczu, spływ mas może być bardzo pożytecznym.

W Bezmiechowej mamy zupełnie specyficzny przebieg dzienny szybkości wiatru. Jak wiadomo, nad terenem płaskim szybkość wiatru jest największa około maximum temperatury (godz. 13—15), a najmniejsza w nocy około minimum temperatury (wschód słońca). W wolnej atmosferze już na wysokości 100—300 *m* jest przeciwnie. Najsilniejszy wiatr obserwuje się po północy, a około południa wypada minimum. W górach zachodzą jeszcze inne stosunki. Do wiatru wywołanego wartością gradjentu ciśnieniowego, czyli t. zw. wiatru gradjentowego, dodaje się tam za dnia bryza dolinna. Jest to analogja wieczornego spływu mas. Za dnia mamy w górach stały, ale o różnem nasileniu wiatr wiejący z dolin

ku szczytom. Wszystkie te czynniki bardzo komplikują przebieg dzienny szybkości wiatru obserwowanego na szczycie Słonnego i w rezultacie dostajemy krzywę V_G (ryc. 3), lub jakieś inne jej podobne krzywe. Rozpatrzmy dokładnie krzywę szybkości wiatru na ryc. 3.

1-o. Tak 4. X. jak i 5. X. 1934 od godz. 17 do 23 mamy regularne malenie szybkości, tak jakby minimum miało wypaść na godziny nocne. Powierzchnią odniesienia dla wiatru staje się bowiem górna powierzchnia zimnych mas zalewających dolinę i wiatr na szczycie Słonnego zachowuje się tak, jakby przechodził nie nad doliną głęboką na 250 *m*, ale nad równiną niższą od Słonnego o 100—120 *m*. Przebieg wiatru staje się przebiegiem równinnym.

2-o. Od godz. 23 do 4 mamy nocne maximum właściwe dla gór. Maximum to widzimy i dnia następnego. Z kilkuletniego doświadczenia można powiedzieć, że maximum to istnieje prawie zawsze.

3-o. Między godz. 5 a 7 mamy spadek szybkości z tendencją do wytworzenia minimum w godzinach południowych. Jest to przebieg charakterystyczny dla wolnej atmosfery.

4-o. Jednakże od godz. 7 do 15 wiatr gradjentowy zostaje wybitnie wzmocniony bryzą dolinną, której maximum wypada nieco popołudniu. Na ryc. 3 widzi się w tym okresie 2 maxima: około godz. 8 i 15. Pierwsze jest czystą bryzą dolinną, a drugie nawrotem tej bryzy, wywołanem ukazaniem się słońca od 13^{h}45′ do 16^{h}45′ i bardzo silnem usłonecznieniem.

W ciągu całej doby mamy więc dobre warunki lotne, na które składają się:

a) silny wiatr stokowy późną nocą,

b) silny wiatr stokowy wzmocniony bryzą dolinną, rankiem i przedpołudniem,

c) silny wiatr wzmocniony termiką około południa,

d) charakterystyczne prądy wstępujące podczas wieczornego spływu mas.

Niestety ciągłość ta jest przerwana aż czteroma okresami kryzysowemi, trudnemi do przetrzymania. Należy się z tem bacznie liczyć. Okresy te są zaznaczone na ryc. 3:

I. Skończenie się wieczornego spływu mas i przejście do nocnego maximum szybkości wiatru.

II. Przejście między kończącem się nad ranem nocnem maximum, a pojawieniem się silnej bryzy przedpołudniowej.

III. Duże i długotrwające wahania szybkości wiatru w południe i popołudniu.

IV. Wieczorne przejście od wiatru stokowego do nocnego spływu mas.

— — — — — — — — — — — — — — —

W zakończeniu miło jest mi podziękować kol. B. Łopatniukowi, kierownikowi Szkoły Szybowcowej Aeroklubu Lwowskiego w Bezmiechowej, za pomoc okazaną mi w technicznem przeprowadzeniu pomiarów. Jemu i kol. P. Mynarskiemu, instruktorowi Szkoły, dziękuję serdecznie za cenne uwagi i dyskusje nad wynikami pomiarów i naturą nocnych lotów.

LITERATURA.

1. J. Fournet: Des brises de jour et de nuit autour des montagnes. Ann. de Chim. et de Phys., T. 74, str. 337—401. Lyon 1840.

2. J. Hann: Handbuch der Klimatologie, T. I, str. 279—291. Stuttgart 1908.

3. J. Hann: Lehrbuch der Meteorologie, str. 451-458. Leipzig 1926.

4. E. Bénévent: Le climat des Alpes françaises. Mem. de l'Office Nat. Météor. de Françe, No 14, str. 72 81. Paris 1926.

5. A. H. R. Goldie: The structure and movement of the atmosphere as affected by diurnal variations. Proc. R. Soc. of Edinburgh, Vol. 47, str. 326. 1926.

6. J. Hann: Zur Theorie der Berg- und Talwinde. Zeitschr. f. Meteor. 1879, str. 444.

Artykuły w *Meteorologische Zeitschrift:*

7. A. Defant: Zur Theorie der Berg- und Talwinde. 1910, str. 161.

8. H. Bach: Der Davoser Talwind, ein Seitenstück des Malojawindes. 1910, str. 411.

9. W. Heuer: Über die Ursachen des Malojawinds. 1910, str. 481.

10. J. Hann: Zur Theorie der aufsteigenden Talwinde. 1910, str. 492.

11. F. F. Matthes: Die Gebirgswinde im Yosemitetal. 1911, str. 132.

12. H. Barschall: Über die Gebirgswinde in den Mittleren Vogesen. 1919, str. 137.

13. J. Hann: Über die Theorie der Berg- und Talwinde. 1919, str. 287.

14. R. Wenger: Zur Theorie der Berg- und Talwinde. 1923, str. 193.

15. L. W. Pollak: Berg- und Talwind im Becken von Trient. 1924, str. 18.

16. H. Tollner: Gletscherwinde in den Ostalpen. 1931, str. 414.

17. A. Schmaus: Zur Entstehung der Tal- und Bergwinde. 1931, str. 511.

18. A. Wagner: Hangwind-Ausgleichsströmung-Berg und Talwind. 1932, str. 209.

19. A. Wagner: Neue Theorie des Berg- und Talwindes. 1932, str. 329.

Artykuły w *Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre:*

20. E. Ekhart: Zur Aerologie des Berg- und Talwindes. T. XVIII, str. 1.

21. E. Ekhart: Weitere Beiträge zum Problem der Berg- und Talwindes. T. XVIII, str. 242.

22. E. Van Everdingen: Zur Theorie der Berg- und Talwinde: T. XIX, str. 109.

23. A. Jelinek: Untersuchung periodischer Tageswinde in Südtirol. T. XXI, str. 223.

24. E. Ekhart: Neuere Untersuchungen zur Aerologie der Talwinde: Die periodischen Tageswinde in einem Quertale der Alpen. T. XXI, str. 245.

KRONIKA.

Odczyty wygłoszone w Sekcji lotniczej i automobilowej Polskiego Towarzystwa Politechnicznego we Lwowie.

Dnia 21. XI. 1934 Dr. inż. Zygmunt Fuchs ze Lwowa: „Sprawozdanie z IV Międzynarodowego kongresu mechaniki technicznej w Cambridge i z badań w laboratorjach aerodynamicznych w Anglji“.

Dnia 19. XII. 1934 Bolesław Wiśnicki ze Lwowa: „Postępy w budowie płatowców na tle Międzynarodowego salonu lotniczego w Paryżu“.

Dnia 9. I. 1935 Andrzej Teisseyre ze Lwowa: „Stan i postępy w budowie silników lotniczych na tle Międzynarodowego salonu lotniczego w Paryżu“.

Dnia 13. II. 1935 Jerzy Szablowski ze Lwowa: „Lotnictwo popularne na tle wystawy w Paryżu“.

Dnia 25. II. 1935 inż. Henryk Wiśniowski ze Lwowa: „Badanie silników lotniczych“.

Zmiana w publikowaniu Lwowskiego Czasopisma Lotniczego.

Od roku 1935 Lwowskie Czasopismo Lotnicze, pozostając nadal jako dodatek do Czasopisma Technicznego, organu Polskiego Towarzystwa Politechnicznego we Lwowie, i zachowując dotychczasowy tytuł, wydawane będzie kilka razy w roku — jednak tylko w miarę zebrania materjału badawczego, nadającego się do ogłoszenia. Do dwóch biuletynów instytucyj badawczych: Lwowskiego Laboratorjum Aerodynamicznego i Instytutu Techniki Szybownictwa, które zwracać będą uwagę przedewszystkiem na problemy techniki szybownictwa i lotnictwa popularnego, dodawane będą z tychże przeważnie dziedzin prace nadesłane oraz kronika najważniejszych wiadomości.

Z zaniechaniem stałych terminów wydawania wprowadzono zmianę w numeracji zeszytów: będzie ona liczona od początku powstania Czasopisma Lotniczego.

Komitet Redakcyjny.

Nakładem LAPL i ITS. Pierwsza Związkowa Drukarnia we Lwowie, ul. Lindego l. 4.